

化合物半导体

COMPOUND SEMICONDUCTOR CHINA

2011年10月

中国的LED产能

IMS Research分析中国的LED产能何时成为世界第一？

大功率垂直LED

采用晶圆-晶圆间的键合工艺来制造大功率垂直结构的LED

全面检查技术

在晶圆加工过程的各个步骤引入检查工具可以大幅提高LED制造良率

等离子刻蚀

优化的等离子刻蚀技术可以改善HBLD的输出并降低制造成本

GaN HEMT

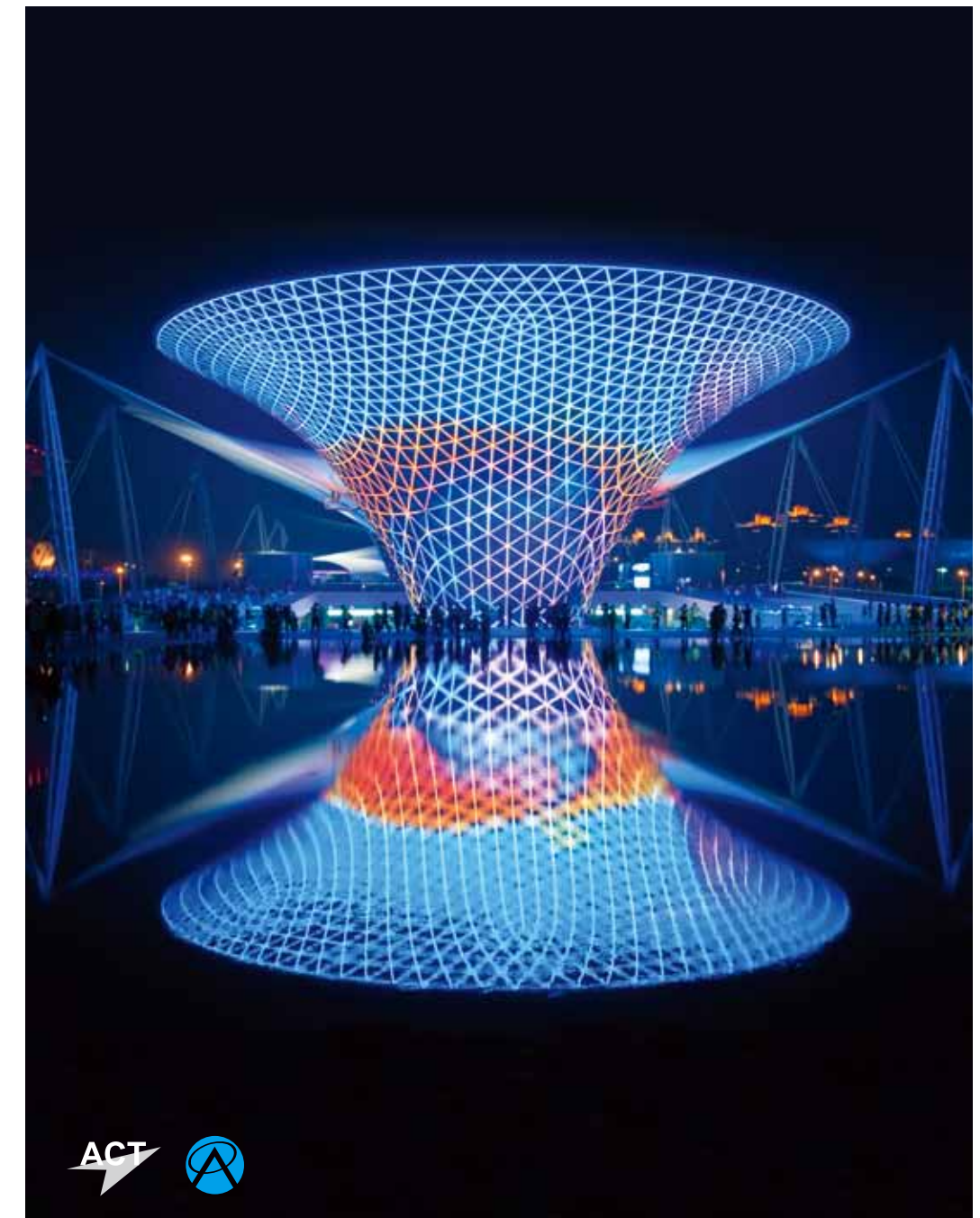
探求GaN HEMT栅极性能的退化及漏电流增加的原因

双极型SiC晶体管

用碳化硅双极型晶体管来代替硅双极型晶体管可以使晶体管的输出电流大幅提高

石墨烯

Berkeley实验室的科学家借助先进光源系统揭示更多石墨烯的秘密



www.compoundsemiconductorchina.net



LED

为高亮度LED 的制造生产技术提供最佳解决方案

纳米压印光刻技术在光束整合变换和增强出光工艺的最好应用

薄晶圆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

圆晶键合在从外延片薄层转换工艺技术的最好应用

光学光刻技术和光刻胶技术工艺运用的最好应用

www.EVGroup.com



Beijing Future Speeds, Inc.

DYMEK Dymek Company Ltd.

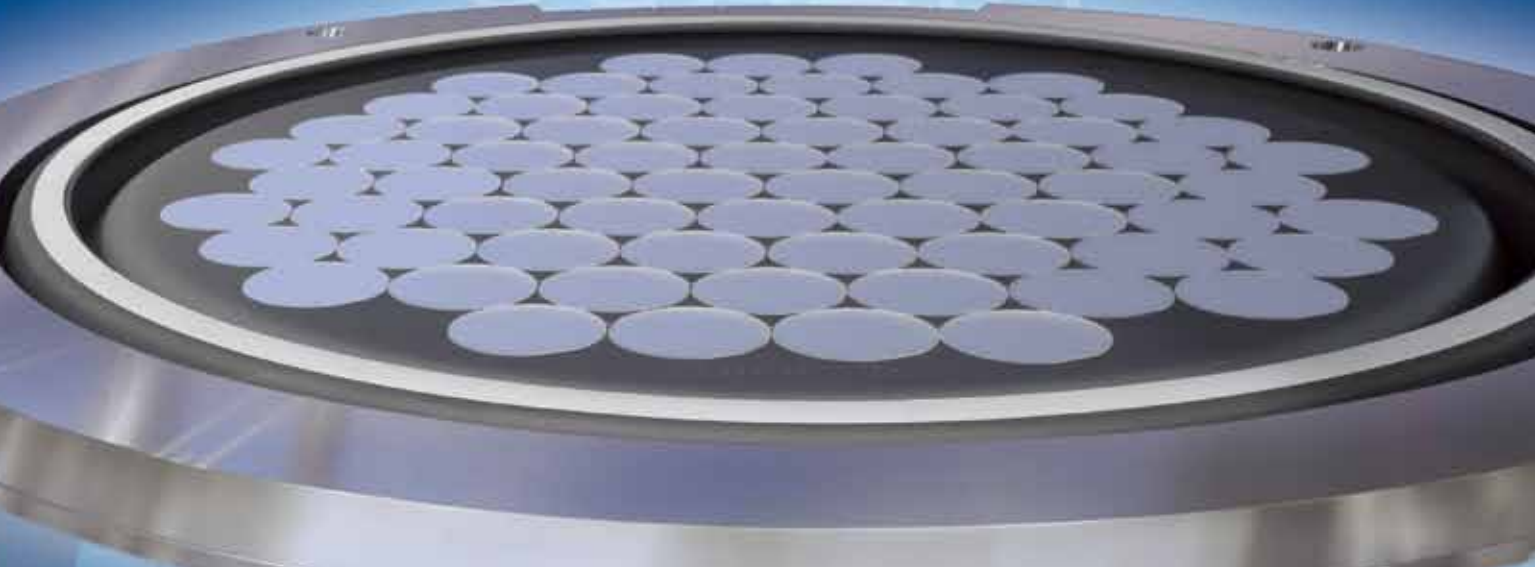


The key to your success

AIXTRON

Industry's largest and most productive MOCVD Reactor

69x2in



CRIUS® II-L



- Highest Throughput
- Lowest Cost of Ownership
- Seamless Product Transfer
- 69x2, 16x4, 7x6 or 3x8 inch

ALWAYS ONE STEP AHEAD

AIXTRON China Ltd. · Rm 1103, Treasury Building · No. 1568 Huashan Road · Shanghai, 200052 · P.R. China
Phone: +86 (21) 6445-3226 · Fax: +86 (21) 6445-3742 · Email: chinainfo@aixtron.com



LED

为高亮度LED 的制造生产技术提供最佳解决方案

纳米压印光刻技术在光束整合变换和增强出光工艺的最好应用

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

圆晶键合在从外延片薄层转换工艺技术的最好应用

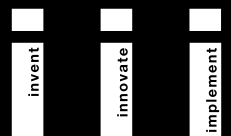
光学光刻技术和光刻胶技术工艺运用的最好应用

www.EVGroup.com



Beijing Future Speeds, Inc.

DYMEK Dymek Company Ltd.



The key to your success



XYCARB | CERAMICS

Pure Excellence



THE INDUSTRIES MOST USED MOCVD SUSCEPTORS MOCVD石墨承载盘的最佳选择

- For three decades, Xycarb Ceramics is the leading consulting and engineering, part supply and components repair partner for the worldwide Semiconductor and LED industry.
- Unique SiC coated graphite product capabilities for MOCVD process with Pocket WLD consistency and ring to ring, susceptor to susceptor features. We can design complex pockets features like: Tab rim / Convex / Concave.
- Extensive experience in standard and customized parts for a wide range of MOCVD equipment like E300, E450, E475 and K465 / K465i.
- 在长达三十年的时间里，塞博陶瓷一直努力深耕在产品专业知识、工程生产技术、产品品质及维修服务，不论是在半导体或者LED领域中一直为市场的领先者。
- 我们特有且均匀的SiC涂层石墨承载盘，能支持LED外延片在MOCVD工艺中获得绝佳的波长均匀性，且各外延片及各石墨盘之间的波长差异小，有效减少客户的工艺变异性。另外，塞博陶瓷在片坑设计上可以提供定制化的服务，针对客户的需求提供Tab Rim、凹面或凸面等不同的底部形状，来优化客户工艺及产品良率。
- 目前塞博陶瓷可针对维易科系列之MOCVD如E300、E450、E475、K465及K465i提供高品质的石墨承载盘。

Xycarb Ceramics China

Room 2002, The Regent Sunlight Building,
No. 19 Wuning
Road, Shanghai
Tel +86 21 5115 8011
Mobile +8618621390202

Contact Allan Ye / Sales Manager China
email: allan.ye@xycarb.schunk-group.com

塞博陶瓷有限公司中国分公司

上海市武宁路19号丽晶阳光大厦2002室
电话+86 21 5115 8011
手机+8618621390202

联络人叶伦/中国区销售经理
email: allan.ye@xycarb.schunk-group.com





市场 Market

13 中国的LED产能何时成为世界第一?
When Will China Become #1 in LED Capacity?

IMS Research分析师每季度都会联系全球LED生产商, 询问其后面4-6个季度MOCVD机台购买计划, 以调查GaN基板LED产能扩张计划。然后我们会根据设备信息推算出外延片产能, 芯片产能, 考量良率后芯片产能, 以及分档后的芯片产能; 我们根据不同尺寸的芯片需求进行比较, 从而可以得出一些有意思的结果, 其中之一即可回答文章题目中的问题——中国的LED产能何时成为世界第一。

-Ross Young, SVP, Displays, LEDs and Lighting, IMS Research

Alice Tao, LED Market Analyst, IMS Research

技术 Technology

15 晶圆键合: 选择合适的工艺来制造大功率垂直LED
Wafer bonding: selecting the right process for making powerful, vertical LEDs

具有垂直结构的发光二极管(LED)在固态照明产品应用中是非常有前景的一种器件, 因为它们可以承受大的驱动电流来提供高的光输出强度。制造这种形式的LED需要采用晶圆-晶圆间的键合工艺, 对于特定的器件设计来说, 该项工艺包含有许多需要进行优化的变量。

-T. Uhrmann, E. Pabo, V. Dragoi 和 T. Matthias; EV Group公司

19 全面检查技术奠定 LED 制造业高成品率的基础
Comprehensive inspection techniques can underpin high-yield LED manufacturing

大幅提高LED制造成品率可确保较低成本芯片的生产利润, 并刺激固态照明的发展。确保晶圆厂生产更多合格芯片的途径之一是针对加工过程的各个步骤引入检查工具, 以及能够核对所有数据和准确定位工艺问题的软件。

-John Robinson, KLA-Tencor 产品营销主管

24 等离子刻蚀: 制造高亮度LED的关键技术
Plasma etching: a key technology for manufacturing HBLEDs

每个HBLED制造商的目标都是花更少的钱获得更多的光输出。面对强大的竞争和众多技术障碍, 至关重要是所有生产步骤的推进都要产生最佳的效果。优化的等离子刻蚀提供了几种方法以改善器件的输出并降低制造成本, 从而实现双重赢利。

-Mark Dineen博士, Oxford Instruments Plasma Technology HBLED产品经理

26 揭开高电子迁移率晶体管HEMT性能退化之谜
Unravelling the mysteries of HEMT degradation

目前广泛使用的温度-加速试验可能过高地估算了GaN HEMT的寿命, 因为该试验无法解释在小于临界电压情况下器件的失效机制, 此种失效包括有栅极性能的退化以及漏电流的急剧增加。

-D. Marcon, T. Kauerauf和S. Decoutere; IMEC

30 双极型SiC晶体管提高了电功率变换的效率
Bipolar SiC transistors enhance electrical power conversion

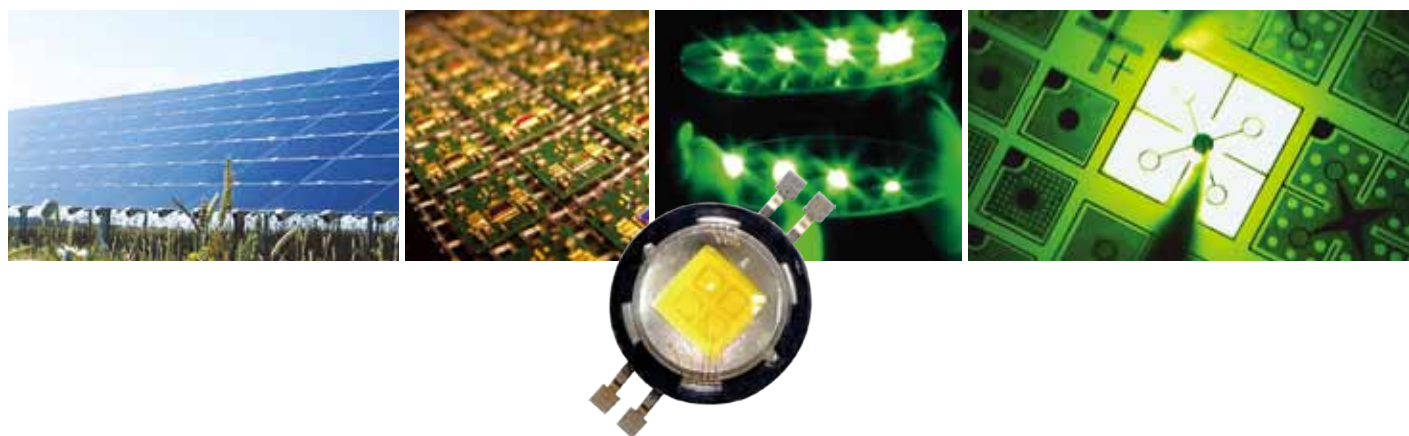
如今开关模式的电功率变换器限制了太阳能系统以及混合动力汽车的效率。要越过这个障碍, 同时又能减少系统层面上的材料成本, 其中的一个方法便是用碳化硅双极型晶体管来代替硅双极型晶体管, 这样做可以使晶体管的输出电流高达50A。

-Anders Lindgren, 飞兆半导体公司



化合物半导体

COMPOUND SEMICONDUCTOR CHINA



《化合物半导体》

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及促进国内产业发展

于2011年10月起发行, 欢迎业界人士到访网站及**免费索阅**

www.compoundsemiconductorchina.net

《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及促进国内产业发展, 为国内读者提供化合物半导体行业的专业知识。

《化合物半导体》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、软体、测量、厂房设施, 以及有关市场分析和动态。化合物半导体材料涉及三五族、四四族、二六族、砷与三五族掺杂以及砷异质体等多类材料, 用于制造发光二极管、太阳能电池、RF功放、半导体雷射器、红外热像仪、探测器、光通信网路用放大器等。是业界人士的资讯资料来源。

联系我们

香港
852-28386298

深圳
86-755-25988571

上海
86-21-62511200

北京
86-10-58607751

ACT



www.compoundsemiconductorchina.net

科技之光 Research Review

- 33 理论学者揭示是俄歇机制引起LED发光效率的降低
LED droop: Theorists uncover the Auger mechanisms
- 34 纳米图形化的蓝宝石衬底可提高绿光LED的输出功率
Nanopatterned sapphire boosts green emission
- 35 氮极HEMT正在赶超传统技术
N-polar HEMT catches up conventional cousins
- 36 用化学腐蚀来改善薄膜LED的性能
Chemical etching improves thin-film LEDs
- 37 采用自立式 a-平面衬底来提高HFET的性能
Freestanding a-plane substrate boosts HFET performance
- 37 III-V族表面氧化层的有序化
Putting order into III-V surface oxides
- 38 如何在硅衬底上生长无缺陷的GaAs纳米线
How to grow defect-free GaAs nanowires on silicon
- 39 在硅上生长的InGaN长波长LED器件问世
First long wavelength InGaN LED grown on silicon
- 40 揭示更多石墨烯的秘密
Graphene gives up more of its secrets
- 41 Imec采用填孔方法开发新SiGe
Imec develops new SiGe via filling methods
- 7 编者话 Editorial
- 8 产业要闻 Industry News
- 42 产品橱窗 Product Showcase
- 44 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国际的产品包括八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、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技术等领域的八万多名专业读者。ACT国际也是若干世界领先技术出版社的独家广告销售代表。ACT国际总部在香港，在北京、上海和深圳设有联络处。

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 eight technical magazine titles and related websites plus a range of conferences serving more than 80,000 professional readers in fields of semiconductor manufacturing, PV/solar energy, electronic design, electronic manufacturing, contamination control, laser/photronics, optical communications and LED technology. ACT International is also an exclusive advertising sales representative for a number of world leading technical publishers. 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.

www.compoundsemiconductorchina.com



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]

编者话 | Editor's Note

期待您的关注和支持

金秋十月，我们将《化合物半导体》(Compound Semiconductor China)杂志呈献给中国读者，真心期待得到您的关注和支持。

作为全球最重要和最权威的杂志《Compound Semiconductor》的“姐妹”杂志，《化合物半导体》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，促进国内化合物半导体产业发展，为国内读者提供化合物半导体行业的专业知识和最新信息。

虽然近几年全球经济气候不尽如人意，但是化合物半导体工业却从未停止健康发展的步伐。长期以来建立起来的两个市场——基于 GaAs 功率放大器的手机市场和针对互联网基础设施的光电器件市场——表现良好。特别是由于上网本、笔记本电脑、电视机屏幕需用的背光芯片的大量增加，以及固态照明应用的发展，推动 LED 市场快速发展，还有激光芯片的销售收入也快速增加，而新兴的太阳能光伏市场也为化合物半导体打开一片广阔的新天地。

中国已经成为化合物半导体业的重要角色，在过去几年间发挥了巨大的作用。由于政府的大力支持，中国的 LED 生产制造及固态照明应用发展迅速，许多高校投入 III-V 族半导体的研究力量越来越强，从而孵化出一批公司，覆盖化合物半导体的相关领域，如射频电子、光电子、功率电子等。

化合物半导体材料涉及三五族、四四族、二六族、硅与三五族掺杂，以及硅异质体等多类材料，用于制造发光二极管、太阳能电池、RF 功放、半导体激光器、红外热像仪、探测器、光通信网络用放大器等。《化合物半导体》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行业动态。

本期我们经心为读者奉献了很多内容，希望大家喜欢。包括：

- 中国的 LED 产能何时成为世界第一？
- 晶圆键合：选择合适的工艺来制造大功率垂直 LED
- 全面检查技术奠定 LED 制造业高成品率的基础
- 等离子刻蚀：制造高亮度 LED 的关键技术
- 揭开高电子迁移率晶体管 HEMT 性能退化之谜
- 双极型 SiC 晶体管提高了电功率变换的效率
-

希望广大读者阅读杂志后与我们联系（电子信箱：sunniez@actintl.com.hk），告诉我们您的宝贵意见和建议，以便我们与读者一起紧跟行业发展，共同面对在研发、制造过程中遇到的问题及挑战。我们更加欢迎业界专家踊跃投稿，不吝赐教，和我们一起共同办好杂志。

本刊编辑部

www.compoundsemiconductorchina.com

化合物半导体

COMPUND SEMICONDUCTOR CHINA

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 58607751

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



© 2011 版权所有 翻印必究



产业要闻 | Industry News

中科院微电子所在石墨烯研究方面获得整体突破

中国科学院微电子研究所微波器件与集成电路研究室石墨烯研究小组分别采用微机械剥离方法、SiC 外延生长法和化学气相沉积法生长出新型石墨烯材料，成功研制出高性能的石墨烯电子器件，达到国内石墨烯电子器件的最高水平。

特别是研究小组在铜箔上采用 CVD 方法制备的大面积石墨烯材料上，实现了晶圆级石墨烯电子器件的规模化制备，不同于以往常用的微机械剥离法制备石墨烯上实现单个电子器件。为实现石墨烯基集成电路提供了重要的基础，也是石墨烯基电子器件大规模制备的先决条件，具有非常重大的意义。

石墨烯具有优良的物理特性和易于与硅技术相结合的特点，被公认为是推进微电子技术进一步发展的极具潜力的材料。研究小组认为，石墨烯优异的物理特性与硅集成电路相结合，将带来革命性变革。要把握机遇，突破石墨烯材料和器件发展的关键技术，实现我国半导体产业的发展和跨越。

政府和市场合力促进光伏产业提高集中度

由工信部编制的《太阳能光伏产业十二五发展规划》意见稿给出了“十二五”末期国内光伏产业发展的目标和这期间光伏产业技术进步幅度的目标，还提出未来几年相关部门将集中支持骨干光伏企业，为它们提供资金、贷款等方面扶持，提高行业集中度。

中投顾问分析称：目前国内光伏行业的发展已经初步迈入了成熟期，光伏企业之间的竞争已经由先前的价格竞争，逐渐在向技术研发水平、成本控制能力和品牌美誉度等方面的竞争过渡，国内光伏行业的进入门槛大幅提高，业内中小型企业的生存压力逐渐增大。应该说在这样的发展环境下，国内光伏业整合期会自然而然的到来，特别是当前国内光伏产业的发展处在低迷的情况下，市场优胜劣汰的机制更会加速发挥作用，推动行业提高集中度。

2011-2018 CIGS 市场将激增至 54.1 亿美元

行业分析公司 NanoMarkets 最新报告，尽管 CIGS 薄膜光伏技术的实验室最高转换效率已经突破 20%，但它依然还是无法和晶硅太阳能竞争。然而，最近 CIGS 薄膜光伏的产能扩张、市场加入者的快速增加，以及投资的不断增长说明业界对 CIGS 薄膜光伏的兴趣和关注正在逐步增加，市场也将开始加速增长。NanoMarket 预计：2011-2018 年 CIGS 在光伏应用的收入将从 6.134 亿美元激增至 54.1 亿美元。

VEECO 台湾科技中心正式启用

MOCVD 设备大厂 Veeco Instruments 继五月在大陆成立“上海训练中心 (CTC)”之后，近日又在台湾新竹成立“台湾技术中心”，并计划于 2012 年初在韩国首尔成立研发、展示与制程支持中心。

Veeco 称“台湾技术中心”的成立，使公司更为贴近台湾 LED 上游磊晶产业，提供更为及时、准确的服务与产品开发的支持；将有助于客户更快导入高效率与低成本 LED 的量产阶段，即时获得 Veeco 最新的系统与技术支持，以及更为快速的响应速度。其主要功能包括：向客户展示制程；安排快速投产计划，以便移转及鉴定客户的 LED 配方；让客户及早评估系统升级；支持联合技术开发计划；提供客户训练等。

2010 年美国成光伏产品净出口国

美国太阳能产业协会 (SEIA) 和美国可再生能源业市场调查机构 GTM 研究公司共同发布《2011 美国太阳能产业评估报告》，对 2010 年美国太阳能市场的进出口、贸易收支以及国内产值做出了完整的分析，并预测今年产业走势情况。

《报告》指出，美国在全球太阳能供应链中起到举足轻重的作用。由于中、德、日对光伏生产设备和原材料的强劲需求，2010 年，美国光伏产品出口同比大增 83%，成为太阳能产业净出口国。

报告数据显示，光伏产品出口总额超过 56 亿美元，其中多晶硅出口额达 25 亿美元，生产设备则达 14 亿美元。这些主要销往中国和德国，对中国的净出口额在 2010 年达到 2.47-5.4 亿美元。

对比来看，2010 年美国光伏产品进口总额仅为 37 亿美元，其中约 24 亿美元为对海外组件的采购。该部分大部分来自中国，其进口总额达 14 亿美元，其次是墨西哥，4.8 亿美元。

欧瑞康太阳能三度蝉联太阳能工业奖

欧瑞康太阳能连续第三次获得太阳能工业奖“薄膜创新”组别的奖项。这项国际性的大奖每年由英国贸易杂志《Solar PV Management》颁发。

获奖的欧瑞康太阳能 ThinFab™ 生产线是一套用于大规模制造环保薄膜硅太阳能组件的生产系统。ThinFab™ 的优势如下：

- 生产成本：ThinFab™ 生产线将太阳能组件生产成本降低至 0.50 欧元 / 峰瓦 - 太阳能行业内最低值。





III-V族元素、砷化镓 (GaAs)、 磷化铟 (InP) 和锗 (Ge) 衬底及 相关重要原材料的首选

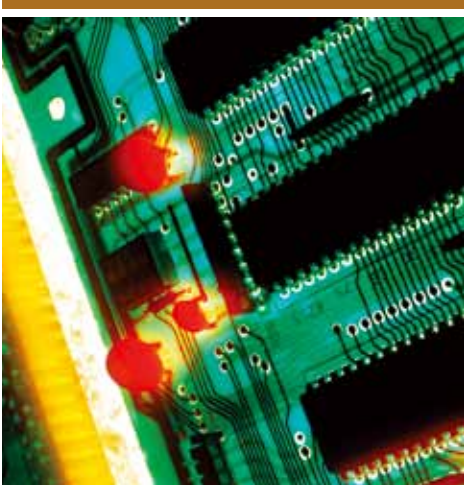
GaAs 150mm
InP 100mm
Ge 100mm

半绝缘型和半导体型
GaAs
衬底

半绝缘型和半导体型
InP
衬底

Ge
衬底

原材料
4N、6N、7N镓
三氧化二硼
锗 • 砷
PBN坩埚和MBE设备用配件



- 超低的位错密度 (EPD)
- 更低的应力与更大的机械强度
- 超洁净、开盒即用外延级
- 优质的外延层形貌
- 优质的几何尺寸的控制、对称性和热动力特性

美国总部

AXT Inc.

4281 Technology Drive
Fremont, CA94538

Tel: 001.510.438.4700 ; Fax: 001.510.353.0668

Email: sales@axt.com

www.axt.com

北京通美晶体技术有限公司

地址: 北京市通州工业开发区东二街四号

Tel: 010-61562241/ 61562242

Fax: 010-61562245

www.axt.com





产业要闻 | Industry News

- 能源转换效率：和其他太阳能生产工艺比较，欧瑞康太阳能薄膜硅组件所需能量最少。
- 实际收益：薄膜硅组件在实际环境下的效率在仍然普遍稳定，而晶体硅太阳能电池效率则显著下降。
- 环保：薄膜硅组件均不采用有毒的材料，如镉。
- 持续性：欧瑞康太阳能的技术具有进一步提升效率和产量的空间。

三星在 200mm 硅片上开发氮化物 LED

据报道，三星先进科技研究院（SAIT）已经开发出一种在 200mm 硅片上制造 LED 的工艺，使用这种工艺平台代替目前 LED 制造广泛使用的蓝宝石衬底，据说可以节约 LED 沉积和处理的成本。SAIT 在第九届氮化物半导体国际会议上提交的一篇文章描述了这种采用 65% 内部量子效率的制造外延结构 LED 的方法。

由于两种材料的晶格常数和热膨胀系数不同，所以在硅上生长 GaN 层不容易。SAIT 通过创造一个无缝模板，利用 AlN/AlGaIn 缓冲层、中间层和 n 型 GaN 层解决了这两个问题。在这个模板上，工程师已经创造了 LED 结构，5 量子阱和 p 型 AlGaIn 电子阻隔层。生产的外延片在标准背离 10.3nm 内，平均发射波长为 429.5nm 的光。这个研究团队还使用了衬底转移技术，以便从 8 英寸外延片制造垂直型 vertical-LED 芯片。

Ever Energy 公司将生产 DNA 光伏电池

据报道，台湾光伏电池供应商 Ever Energy 将在未来几个月内推出新设计的电池。Day4Energy 与 Ever Energy 签署了一项协议。根据该协议，Day4Energy 的 DNA 光伏电池将在台湾生产。Day4Energy 的 Stay-powerful 技术将被运用于 DNA 电池的生产。该技术用于互相连接电池并收集其产生的电力。Day4Energy 表示，Stay-powerful 技术将取代传统的太阳能电池焊接工艺，这种方法能带来许多好处，包括提高光伏电池的效率、机械稳定性和光伏功率密度，并且质量更耐久。目前，尚不清楚协议价值，电池的产能和生产时间也不明确。

英国开发低成本塑料太阳能电池

英国科学家的一项最新研究或能加速塑料太阳能电池的应用步伐，使其在 5 年到 10 年内实现商用。这种太阳能电池以可循环使用的塑料薄膜为原料，能通过“卷对卷

印刷”技术大规模生产，其成本低廉、环保，可大规模应用。有专家认为，或将对传统晶硅类太阳能电池造成冲击。

据悉，新方法并未采用昂贵的技术来制造特定的半导体结构，而是通过批量印制工艺，用两种不同的感光物质在塑料薄膜上“印”上了一层厚度只有 60 纳米的电路结构。由于整个制造过程都在较低的温度下进行，这种塑料太阳能电池的制造可采用“卷对卷印刷”技术大规模生产。该工艺在总体上可显著降低能耗和材料浪费。

在使用上，这种太阳能电池重量轻、易运输、可卷曲，在安装时甚至可以直接附着在建筑物表面而不占用额外的空间。研究人员称，这种聚合物太阳能电池的转化效率目前可以达到 7%-8%，下一步将有望使提高到 10% 以上。

Emcore 的 GaAs 电池完成末班航天飞机飞行

工作在近地轨道的亚特兰蒂斯号航天飞机安装了大面积 GaAs 电池，其转换效率高达 33%。2011 年 7 月 20 日，亚特兰蒂斯号驶离国际空间站完成其历史性的末班飞行后，一对由 Emcore 公司生产的 Inverted Metamorphic Module Quadruple-Junction (IMM4J) 太阳能电池从货舱取出并转移到一个平台上。

在所有曾发射到太空的电池中，IMM4J 大尺寸电池的光电转换效率属于最高的，超过 33%。目前，IMM4J 太阳能电池技术仍处于研发过程中，在 Emcore 公司的模拟空间光照条件下，转换效率超过 36%，打破了实验室记录。

Emcore 公司的首席运营官 Christopher Laroccca 认为，“这些电池的在轨数据为 Emcore 提供了非常宝贵的机会，以便对我公司最新的太阳能电池技术在太空飞行状态下的性能进行评估。”

3M 公司投资 Pixel Qi 开发创新液晶显示屏技术

通过其新成立的风险投资机构，3M 公司已投资 Pixel Qi 公司。Pixel Qi 公司是新一代 LCD 液晶显示屏制造商，其运营点分布于台湾和加州。双方交易条款尚未对外透露。

Pixel Qi 公司是由液晶显示屏的创始人 Mary Lou Jepsen 博士于 2008 年成立的。该公司设计了一系列独特且富有创新性的液晶显示屏，解决了传统显示屏不能解决的问题，其首批产品耗能低、可在阳光下清晰显示，主要供移动设备使用。Pixel Qi 公司的技术使显示所需能耗更低、适用性更强、距离显示屏大规模使用这一目标也更近了。

在液晶显示屏内部光转换效率优化专用薄膜技术方面，3M 公司光学系统部门具有世界领先水平。Pixel Qi 公



公司的创新液晶显示屏设计采用了包括此光学薄膜技术在内的一系列先进技术，推出了新颖的、具有优良户外阅读性能的节能型液晶显示屏产品。Pixel Qi 的低能耗反射显示技术与 3M 的创新技术相结合，将为移动设备、掌上电脑、平板电脑等液晶显示屏应用领域创制出激动人心的产品。

胶体量子点提高下一代太阳能电池效率

来自多伦多大学、阿卜杜拉国王科技大学和宾州州立大学的研究人员共同研发出了基于胶体量子点的转换效率最高的太阳能电池。这项成果发表在 Nature Materials 上。

量子点是一种可以吸收光然后将光转化成能源的半导体纳米粒子。这些粒子可以喷涂到各种表面，包括塑料。这可以使得太阳能电池的生产成本更低且更耐用。

这个领域面临的一个重要挑战是如何在便利和性能间达到平衡。理想的设计是，将量子点紧紧地结合在一起。量子点间的距离越大，转化效率越低。但量子点的表面通常覆盖了一层有机分子，厚度在一两毫微米左右，这对纳米级的设计而言，体积太大了。

为了解决这个问题，研究人员用无机配体将量子点结合在一起，这样可以同样实现胶体特性，却不需要使用体积较大的有机分子。

美研制出能在室温工作的石墨烯变频器

美国科学家首次制造出能在室温下工作的石墨烯变频器，克服了用石墨烯制造电子器件时的重要障碍——能带隙。最新研究有望让科学家们用石墨烯制造出数字晶体管，从而大大扩展石墨烯在电子领域的应用。

为了制造出电子器件，科学家必须在硅中掺杂杂质以改变其半导体性

质，不过，这样的“掺杂”却很难用于石墨烯上。科学家研制出了静电掺杂，让新石墨烯变频器模拟硅变频器的性质，从而解决了这个问题。研究人员诱导静电掺杂穿过金属门（距石墨烯管道 40 纳米远）之间的电场，通过改变电压改变掺杂情况并测试掺杂程度，从而找到了最有效操作新石墨烯变频器的方法。

专精於特殊领域的芯片制造商都
上哪儿找最佳解决方案？

Where do specialty
chipmakers find the best solutions?

当然是**Plasma-Therm**。

当您想要跨过技术障碍，实践您最新的想法，请找 Plasma-Therm。Plasma-Therm 不仅可以瞄准每个客户的特别需求来定制解决方案，更可以提供既深且广的技术与创新。Plasma-Therm 为特殊芯片制造商已经服务了有长达 35 年的经验，我们将接受您的挑战，与您一起重新定义战局！

Plasma-Therm
A LEADING SUPPLIER OF PLASMA PROCESS EQUIPMENT

Advanced RIE, CVD, ICP
for Research & Production

plasmatherm.com
sales@plasmatherm.com
+1 727 577 4999



产业要闻 | Industry News

大族激光与日本滨共同开发出 LED 隐形划片机

大族激光与日本滨松光子学株式会社共同开发出新一代顶尖划片技术设备——LED 隐形划片机。隐形划片是将激光聚焦于晶圆内部，形成一个分割用的改质层（即 SD 层），再对晶圆施以外力，将其分割成晶粒的划片技术。

日本滨松的隐形划片技术已经在硅晶圆划片领域得到广泛应用，并取得了用户的高度认可。

大族激光整合多年来工业激光研发领域的强大实力及系统集成应用的丰富经验，在日本滨松隐形划片专利技术基础上，针对 LED 行业的特点，采用了划片过程中的实时自动对焦等多项行业内顶尖核心技术，开发出新一代隐形划片技术。

LED 隐形划片技术的优势：第一，划线缝宽窄，可以大幅减小切割道宽度，从而增加单片晶圆的晶粒切割数量；第二，减少生产工序，缩减生产成本。第三，与传统表面划片技术相比，划片速度得到了大幅提高。

中微半导体设备台湾制造暨研发中心启用

中微半导体设备（AMEC）台湾分公司于 2007 年登记成立，于 2010 年底进驻竹南科学园区。厂房建置自 2011 年 2 月开始进行，于极短时间内即完成厂内无尘室设备的运转，并于 5 月下旬开始了第一台十二寸蚀刻自有产品 Primo-DRIE 的组装测试，预计于 9 月中即可正式出货给台湾重要的客户。

在 2011 年，中微半导体已投入金额约 1 亿元，完成台湾生产线的设立，AMEC 台湾的产线不单单负责生产机台，还涵盖后端的组装、测试，也就是说从台湾工厂出货的机台，将可以直接运送到客户端作生产用，而不再需要运到第三地做其他的加工或是测试。

中微半导体将继续投入 2-3 亿元用以建立研发中心，和客户以及本地的关键零组件厂商进行共同研究开发，生产新一代的产品。

中国瞄准全球 LED 市场

中国中央和地方政府正在投资 LED 技术，致力于降低成本。中国中央政府目标是将现有众多 LED 企业整合为 5-6 个有国际竞争力的主要企业，进军全球 LED 市场。中国不仅要做到低成本制造，而且要成为 LED 的最大消费者，目前有 50 个大型户内户外照明项目已经启动。

Information Network 分析，2015 年中国国内固态照明市场将达到 740 亿美元，这对中央和地方政府都是一个具有诱惑力的市场。

2015 年，中国打算其制造标准在全球大生产市场可行，LED 照明产品比市场价格低 40%。除了全球商业目标外，还有巨大的国内市场，因此，LED 是“十二五计划”的重要目标技术。

空气产品公司与中国光伏制造商签订供气合同

空气化工产品公司（Air Products）宣布已与湖南共创光伏科技有限公司签订合同，为其在湖南衡阳市新的硅薄膜光伏生产设施供应大宗气体及特种气体。根据合同，空气产品公司将提供氢气、氮气以及硅烷、三氟化氮、掺杂剂和其它产品。

湖南共创正在建造一处 40 兆瓦的光伏生产设施，该设施使用了欧瑞康太阳能公司（Oerlikon Solar）的 Micromorph® 交钥匙生产线 -FAB 1200。新的生产设施有望于今年底投入生产。

空气产品公司电子部副总裁兼总经理 Wayne Mitchell 表示：“空气产品公司很高兴能成为湖南共创新的薄膜光伏生产设施的主要气体供应商。我们将一如既往地致力于为我们的客户提供创新的材料及产品输送方案，帮助他们降低每瓦制造成本。”

湖南共创的硅薄膜光伏模块能够将日光直接转换为电能，其生产方式与硅薄膜晶体管液晶显示器（TFT-LCD）类似。作为 TFT-LCD 行业领先的供应商，空气产品公司是这一新的生产设施的理想供应商。

第一太阳能效率可能优于硅太阳能电池板

美国第一太阳能（First Solar）公司，实现了薄膜太阳能电池的效率新记录，并将在下一季度把优势融入到他们的制造技术中。首席技术官 David Eaglesham 说，第一太阳能公司开发出一种电池，可将 17.3% 的阳光转化成电能，并运用这些技术大批量生产转换率 15.3% 的电池。在第二季度，公司的转换效率才达到平均的 11.7%

目前第一太阳能公司使用碲化镉材料作为半导体，直接应用在一个自动化过程的玻璃中，在同行中属最低的成本，生产所谓的薄膜太阳能电池板每瓦 73 美分。效率更高水平，将推动这些费用进一步下降，比传统的硅光伏电池板更有吸引力。





中国的 LED 产能何时成为世界第一？

Ross Young, SVP, Displays, LEDs and Lighting, IMS Research; Alice Tao, LED Market Analyst, IMS Research

IMS Research 分析师每季度都会联系全球 LED 生产商，询问其后面 4 到 6 个季度 MOCVD 机台购买计划（例如设备型号和外延尺寸），以调查 GaN 基板 LED 产能扩张计划。然后我们会根据设备信息推算出外延片产能，芯片产能，考量良率后芯片产能，以及分档后的芯片产能；我们根据不同尺寸的芯片需求进行比较，从而可以得出一些有意思的结果，其中之一即可回答文章题目中的问题——中国的 LED 产能何时成为世界第一。

我们的最新调研调查了各 LED 企业截至 2012 年第四季度的 MOCVD 采购计划，下调了 2011 机台数至 870 台，如图 1 所示，降低了 20%，LED 厂商推后 2011 年计划好的安装，主要是因为 LED 产业供过于求，价格和利润率下降，信贷紧缩及设施配套等问题。背光市场增长比预计减缓，尤其是在对价格比较敏感的发展中国家和地区，LED 电视和显示器仍然是高价产品。同时，LED 照

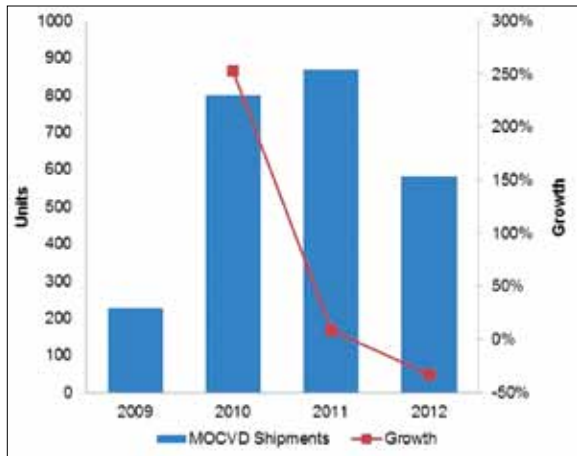


图1：GaN LED MOCVD机台安装量与预测

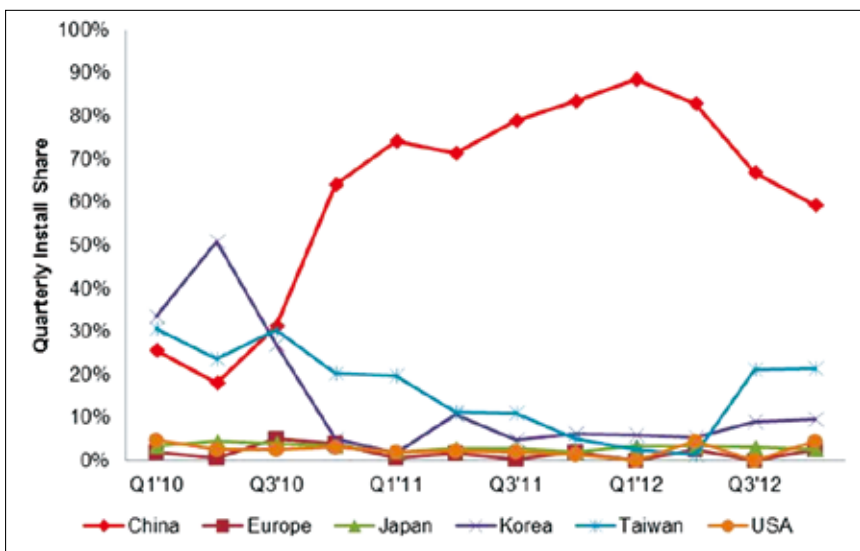


图2：GaN LED MOCVD季度出货按地区划分

明市场仍然很小，和其他照明技术相比，LED 的价格不具备优势。

我们将 2012 年数据调高至 583 台，除了因为 2011 年的设备延后安装外，中国地区又加入 14 家新公司。这 14 家公司均在 2011 年第二季度以后出现，预计会占 2012 年市场的 20%。和 2011 年相比，2012 年设备

安装量减少 33%。因为在决定新增设备之前，LED 企业一方面需要消化 2011 年安装的设备，一方面也在等待照明市场的兴起。

可以肯定的是，2011 和 2012 中国仍然是采购新设备的主要地区。如图 2 所示，2011 年 GaN MOCVD 采购中国占 78%，2012 年

为 73%。只有中国市场的 MOCVD 机台安装量在 2011 年有所增长，而其他区域与 2010 年相比至少下降 32%。上述情况与中国政府的补贴政策是分不开的（政府大约补贴设备成本的 2/3），而 MOCVD 作为生产的关键设备则占到新工厂装备资本的 50% 左右。伴随设备补贴，有些地区为了创造更多就业机会和税收，还会减少 LED 企业的所得税，提供土地或降低贷款利率。假定其良率和其他地区的类似，这些政策使中国的生产商具有明显的成本优势。另外到 2012 年底，超过 10 家台湾 LED 企业会在大陆地区投资建厂，通过合资企业来获得政府补贴。台企的迁移也会使大陆的市场份额上升，并挑战台湾 LED 产能第一的现有地位。MOCVD 补贴政策使中国 GaN 基 LED 芯片生产商数目由 2009 年的 19 家增长至 2012 年 57 家。包括现有



市场 | Market

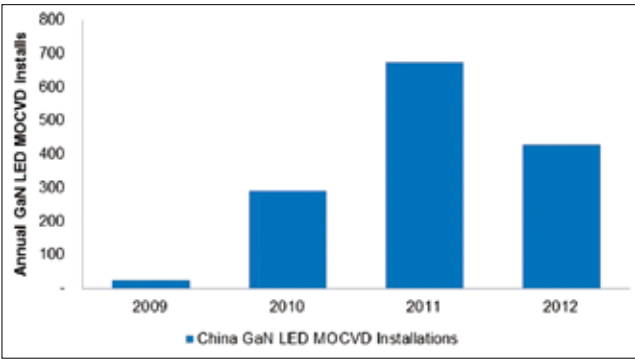


图3：中国年度GaN LED MOCVD安装量

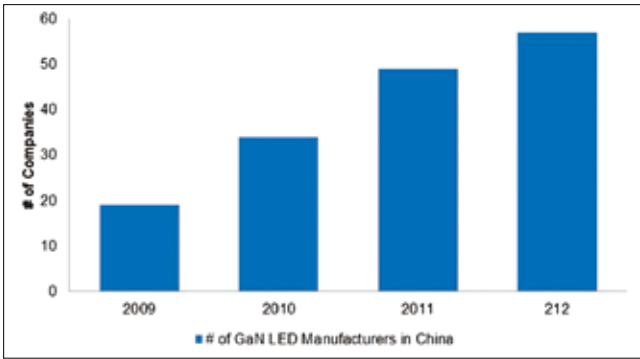


图4：在中国生产GaN LED企业数量

企业和新加入企业的产能，从2009年到2011年中国MOCVD安装量预计增长2000%，在2012年则会下降37%，如图3和图4所示。

中国的安装量在2010 - 2012年度超过台湾和韩国，预计2014年底

市场份额达到50%，如图5所示。（我们假设每台MOCVD的使用寿命为5年，并且假设在2012年第四季度以后没有新设备安装。）

然而，假定中国新公司的产能利用率以及良率和现有欧洲、美国、日本、韩国、台湾等工艺成熟的LED生产商一致可能是不现实的。某些中国企业没有获得许可在国外出售白光LED相关产品，仅仅是为了获得补贴而增加实际不需要的产能。因此我们通过降低产能利用率来调低中国公司的产能。假定将中国国内公司GaN LED产能利用率调低40%，合资公司调低20%，如图6所示，中国LED产能第一的时间也只是推后一个季度而已，从Q4'11延迟到Q1'12，尽管当我们将良率和分档率等因素考虑在内的時候，台湾和韩国的差别会进一步缩小。除了即将在LED芯片制造业领先，在LED封装、劳动力成本以及灯制造业上的优势使中国仍将在照明市场保持第一的位置；而在LED的推动下，照明市场即将由800亿美元增长到1150亿美元。

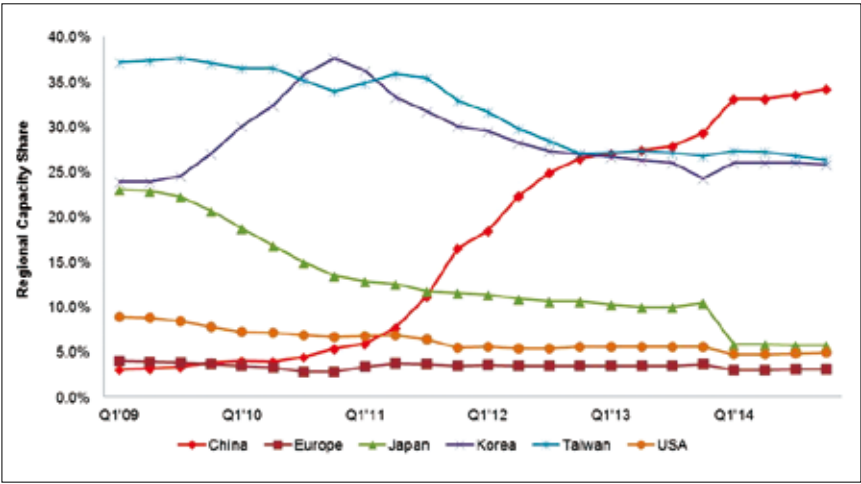


图5：GaN LED产能按地区划分

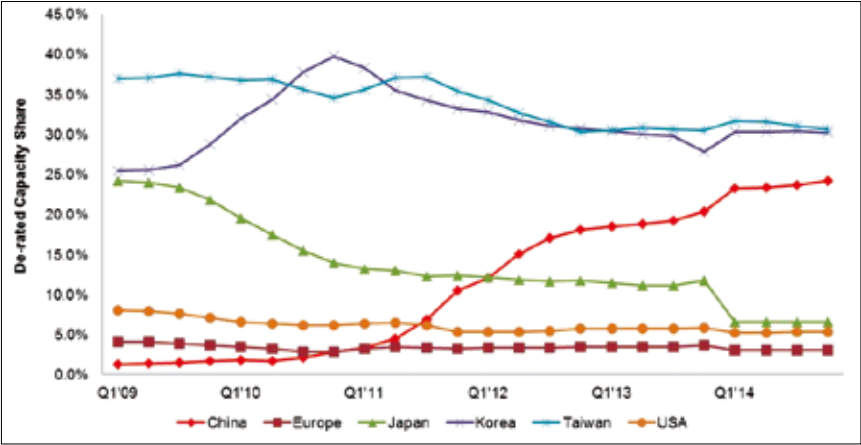


图6：GaN LED产能按地区划分（降低中国产能利用率后）

* 文中所有图片来源为IMS Research's Q3'11 Quarterly GaN LED Supply/Demand Report。

晶圆键合：选择合适的工艺来制造大功率垂直 LED

T. Uhrmann, E. Pabo, V. Dragoi 和 T. Matthias; EV Group 公司

具有垂直结构的发光二极管（LED）在固态照明产品应用中是非常有前景的一种器件，因为它们可以承受大的驱动电流来提供高的光输出强度。制造这种形式的 LED 需要采用晶圆 - 晶圆间的键合工艺，对于特定的器件设计来说，该项工艺包含有许多需要进行优化的变量。

白光 LED 已经对普通的照明市场产生了影响，人们普遍期望它在这个市场领域的渗透力度将会继续增加。它在市场中的占有率将由以下三个因素来决定：发光效率，每流明发光强度所需的成本，以及单个 LED 灯的光强流明数。

可同时改进这三个因素的一种方法是提高 LED 的发光效率，但如果通过增加 LED 器件的驱动电流来提高其发光效率的话，在提高了光源的输出光强同时也可能会增加了每流明的成本，

因为同时也会增加 LED 的发热量。为了解决这个问题，系统的设计师必须仔细地控制好从器件 PN 结到封装体、固定物以及周围环境的热量流。

运用金属晶圆键合方法可以将一个外延结构晶圆键合到另一个衬底晶圆上，这样就可以提高 LED 中热量的发散速度。在采用这一方法时，LED 将会从两方面获益：一是它能够通过低热阻的金属键合层将热量快速地传导出，同时它还能通过一个低热阻的衬底来耗散热量。

我们跟您一块增长

我们了解半导体工业增长所需。因此我们一直持续投资更大的金属有机源钢瓶。源瓶尺寸的增长不仅是源瓶设计的优化，也是我们生产成功的重要因素。阿克苏诺贝尔是全球大宗金属有机源的领先供应商。我们是唯一的有自己完整整合关键原材料的 III 族金属有机源的制造商。我们使用专一的，大型的反应器生产高纯金属有机源。我们充足的产能使我们有独到的优势支持客户未来的增长。

www.akzonobel.com/hpmo



技术 | Technology – LED 制造

这种方法不仅能增强氮化物基白光 LED 的电学性能，而且能增强它的蓝光、红光、橙光、黄光 LED 的性能，这些类型 LED 都是用 AlInGaP 族材料制成的。位于奥地利 St. Florian 的 EV Group 公司就是采用了这种金属键合工艺来进行 LED 的生产，我们参与了用于这种生产工艺的首台加工设备 EVG 560HBL 的研发。这款设备由于对压力和温度分布进行了最优化处理，具有很高的产量，并给出了一个新的产量基准，即对于面积等效于 2 英寸晶圆来说，这种设备每小时可进行高达 176 次的键合工艺处理。

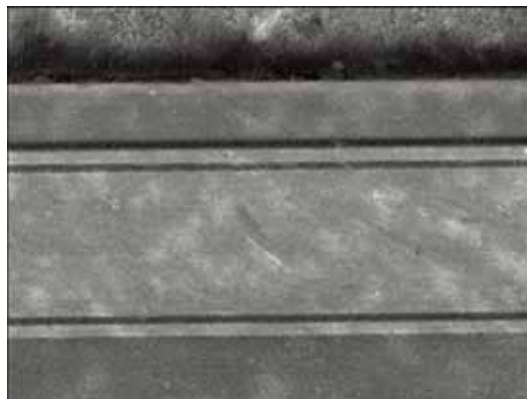


图2：扫描电子显微镜SEM的剖面观察照片，突出显示了在进行 Au:Sn 晶圆共晶键合后，InP 和 GaAs 晶圆间高质量的界面结合。

晶圆键合的历史……

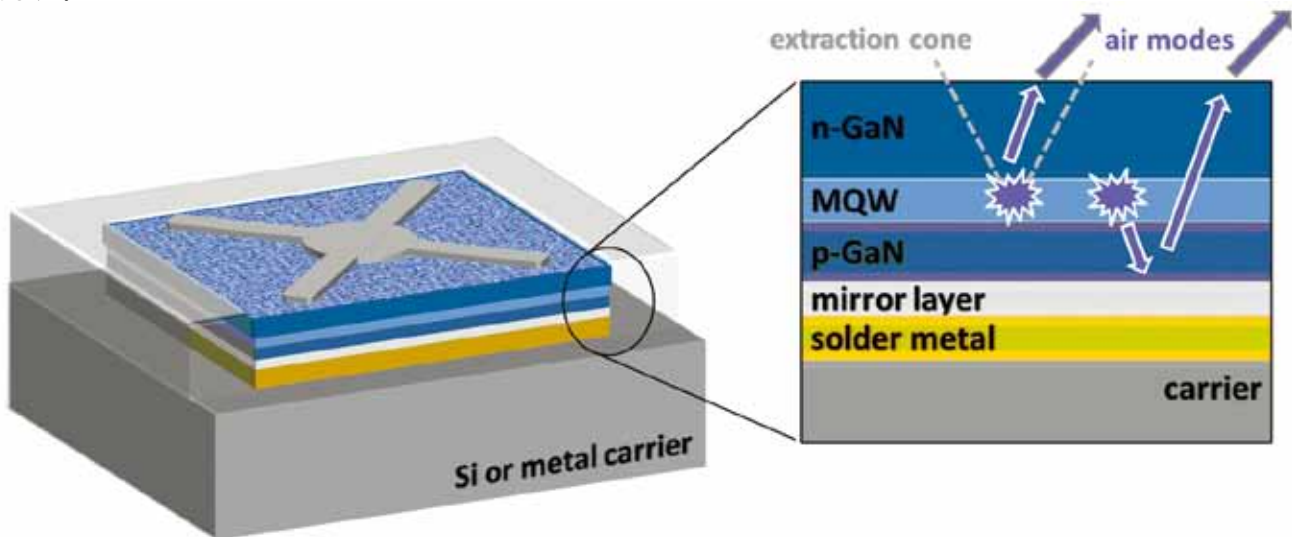
晶圆 - 晶圆间的键合并不是新事物，早在 20-30 年前就已经发明这种技术来解决微机械系统 (MEMS) 器件实现晶圆级“盖帽”问题。晶圆键合技术的先行者们采用的是阳极键合和玻璃粉键合工艺来将两个晶圆彼此粘接。然而，这两种老方法正在被具有较低形状因素影响的金属键合工艺所取代。

金属键合是唯一可以满足高亮度 LED 对低热阻的需求的一种键合方法。然而，这并不是这种键合方法的唯一优势，它还能提升器件的发光效率。这种方法首先是应用于 AlInGaP 基的 LED 中，其 AlInGaP 外延层是生长在 GaAs 衬底上。假设这种 LED 器件的自发光发射是各向同性的，那么所产生发光中的一半将会朝着

衬底方向传播，而其中大部分的光将被吸收，从而降低了 LED 器件的总体发光效率。在 LED 发光区的下方插入一个分布式布拉格 (Bragg) 反射镜能够阻止射向衬底这部分光的损失，但在实际上这仅仅对某个优化发射方向的光才是有效的，所以最佳的方法是采用晶圆键合方法，在金属叠层中形成一个反射层 (见图 1)。

用金属键合方法来制造氮化物基发光二极管 (LED) 还面临着一些挑战。蓝宝石是制造蓝光和白光 LED 应用得最为广泛的载体材料，它具有非常令人满意的高透明度特性，但它是一种不良热导体。因此，采用横向设计的大功率 LED 不易散出其热量，并且运行时的发热现象会降低 LED 器件的性能。为了解决这个问题，一些 LED 制造商已经开发出垂直 LED 的设计

图1：垂直LED的一个重要特征是它具有高反射率且易于将热量传输出去的下层结构，这就使得器件能够在高电流条件下工作，来获得高亮度的发光输出。





方法，采用具有更高热导率的载体材料来取代蓝宝石（见图1）。

在采用这种设计时，可省略在横向LED中形成n型接触所必需的刻蚀工艺步骤，从而简化整个制造工艺。另外，垂直LED结构还会产生一个垂直方向的电流通路，它可以降低正向偏置电压，并且可消除其他LED设计中常见的电流集中拥挤问题。此外垂直设计还有其他方面的优点：引入金属键合层保证了所有发光都可从LED的顶端出射；并且对于不同芯片尺寸，垂直LED设计都可以采用相同的工艺流程，所以也可使其制造过程得到简化。

所有垂直LED的工艺流程的开始点均是用金属有机化学气相沉积（MOCVD）方法在衬底上沉积一个外延层，随后某些工程师会着手进行LED芯片的图形化，而另一些工程师则可能着手用晶圆键合的方法来实现薄层间的粘接。决定采用何种顺序来完成不同工艺步骤主要由随后工艺的本质特性所决定，它们是用来消除在生长衬底和个体设计间所存在的差异性。

AlInGaP LED的制造商倾向于在图形化之前先进行全面积晶圆键合，因为这种工艺不会引入应变，并且衬底层可用研磨和化学方法来去除掉。然而，在氮化物基LED的制造上会更为复杂些，在采用目前广泛使用的激光剥离技术来将蓝宝石层从外延薄层上进行分离时，在单个或多个芯片区域会产生应变。这种应变源于界面Ga_N层在高能紫外线辐射作用所触发的分解效应所致，它会在功能层中产生裂纹，从而会影响其良品率，但这可以通过预先构造好的芯片结构来对这个应变区域进行限制，来解决这个问题。

键合的选择

垂直高亮度LED的键合界面除了具有高的热导率以外，还必须具有优异的电导性能。但幸运的是，在锗和金属衬底材料一般都会同时具有高热导率和高电导率。这两种材料的应用都很普遍，但硅材料所具有的高散热性和低热膨胀系数的特征，使其成为了一种新兴的载体

材料。硅材料的选用也可使垂直LED的生产商能将齐纳二极管直接制作在硅载体衬底中，它主要是对此高敏感的Ga_N LED起到静电保护作用。

在选择与外延晶圆进行键合的衬底晶圆材料时，热膨胀系数是必须加以考虑的一个因素。一般的晶圆-晶圆间的键合工艺都要求有一个升温过程，所以键合工艺都要经过精细的调整来适应外延晶圆与衬底晶圆间所存在的热膨胀系数不匹配问题。

实现上述这种键合工艺的基础是金属键合层，因为用于晶圆-晶圆间的键合技术必须要同时满足高热导率、高电导率的要求，这就使得键合工艺的选择仅限于焊接（包括共晶和瞬间液相键合）和热压键合这两种方法，这两种方法都将在本文后面附上的“将晶圆粘接到一起”短文中加以详细讨论。

为了决定哪种是最合适的工艺，垂直LED的制造商必须考虑生长和载体衬底的特性，并对其在热膨胀和表面性质上的差异性做出解释。对于



技术 | Technology – LED 制造

AlInGaP LED 来说，由于它们的晶格与 GaAs 衬底匹配度较高，因此具有十分平整的表面，在其两个金表面间进行热压键合是经常采用的工艺。



图3: EVG560HBL工艺设备可以进行全自动和半自动化操作，它可以支持金属、不同衬底类型的粘接性和熔接性键合。EVG公司宣称它非常适用于发光二极管 (LED) 的大批量生产制造，这是因为它结合了由片盒到片盒的操作，多层衬底的键合能力，以及拥有多达四个交换插入式工艺模块为特征的模块化设计。根据设备制造商的说法，设备采用了经生产现场验证的晶圆键合技术和一个独特的低温金属晶圆键合相组合的方法，使其具有前所未有的高生产能力和产量。

对于 InGaN LED 来说，它的表面粗糙度和缺陷密度都相当大，所以共晶键合和瞬间液相键合是比较好的方法，容易形成一个高产量的键合工艺（见图 2 中的 Au : Sn 键合实例）垂直 LED 制造商所做出的进一步决策包括有：键合金属层的厚度和它们的沉积方式，以及对粘附层和阻挡层的选择问题，这些薄层一般是由铂、铝和金材料构成，或者是由这些金属层构成的叠层，它们通常需要确保能提供足够的粘结强度，以及可阻止键合金属间的相互迁移。

然而，垂直 LED 的制造商都面临着如何选择键合工艺设备的问题，其中还包括有键合前晶圆间的位置对准装置。我们深信 EVG 560 HBL 是值得给与考虑的键合工艺设备，因为它兼有高生产能力和多功能的特性——它能支持金属、不同类型衬底的粘接和熔接键合，而且其产量也很高。因此，它可通过制造更轻和更为高效率的 LED 器件，来推动 LED 在普通照明领域中获得更为广泛的应用。

参考阅读

E.F. Pabo, V. Dragoi, “Wafer Bonding Process Selection”, MEMS Industry Group

将晶圆粘接到一起

在高亮度发光二极管 (LED) 的制造过程中，将两个晶圆彼此进行键合有两种方法，分别是焊接键合（也叫共晶或扩散键合）和热压键合。

焊接键合是由液相金属形成的金属键合方法的总称，它可以采用纯金属，但通常是采用二元合金，在某些情形下采用的是三元合金。共晶晶圆键合金是在经历液相过程后在键合界面处形成的：与晶圆直接键合方法相比，共晶键合对于表面平整的不规则度、划痕及微粒污染等缺陷相对不是太敏感。

一个成功的共晶键合工艺要求键合设备既要具有良好的温度控制，又要使整个晶圆上的温度具有良好的均一性。加热和冷却工艺中的温度变化率是一个重要的参数，对这个工艺细节的选择应当取决于特定的衬底材料，该材料是用来避免对不同材料的热冲击，工艺细节的选择还应取决于器件的要求，例如，工艺工程师必须考虑加热或冷却循环过程是否会损害器件的性能。

在键合工艺过程中所形成的液态熔融金属可使界面中的颗粒物嵌入熔化物中而不会产生缺陷。即使是在非常粗糙的表面上也能获得很好的浸润性，其典型例子就是 InGaP 基 LED，这有利于提升器件的产量及其性能。

对于某些高亮度 LED 的制造工艺流程来说，键合用的材料应该保持在

最为常用共晶合金的键合温度 (300℃ - 400℃) 以下。在这种情况下，可以采用另外一种替代性的工艺——扩散焊接或者是瞬间液相 (TLP) 键合方法，它会形成金属间化合物键合层。这个技术采用了一个薄金属层，通常为 1-10μm 厚，它在热处理过程中会与它的键合对象间发生互扩散，在一个高于键合温度的再熔化温度下产生一个金属间化合物层。Cu-Sn 和 Au-Sn 都是最为普通的瞬间液相体系。如同共晶晶圆键合一样，扩散焊接键合在高亮度 LED 制造中也是一种具有吸引力的选择，因为由于熔融金属对表面的浸润作用，这种键合方法可以将先前工艺产生的表面缺陷或颗粒进行平整化消除处理。

另一种可供选择的工艺即是热压键合。在热压键合中，通过金属分子（如金、铜和铝）在整个键合界面上的扩散，来将两个表面彼此粘接在一起。其扩散速率是金属、表面上的扩散阻挡层（例如氧化物）、压力、温度和表面粗糙度的函数。加大压力可以增加基本的扩散速率，也会增强了扩散现象。后者是由于两个相互接触表面的变形损伤所致，因为它会破坏所有的表面中介薄层，从而能增加金属与金属间的接触。随着这种扩散的持续进行，在键合界面上的晶粒会增大。同样，加热金属可以增加它们的相互扩散并会略微软化金属，在给定压力下可以增加其变形。在采用大的压力下并保持键合区压力的均匀性就可以获得出色的键合良率。

全面检查技术奠定 LED 制造业高成品率的基础

John Robinson, KLA-Tencor 产品营销主管

大幅提高 LED 制造成品率可确保较低成本芯片的生产利润，并刺激固态照明的发展。确保晶圆厂生产更多合格芯片的途径之一是针对加工过程的各个步骤引入检查工具，以及能够核对所有数据和准确定位工艺问题的软件。

LED 产业不会停滞不前。领军制造商正在进行 6 英寸晶圆生产升级，并转向更加复杂的 LED 架构——这是增加芯片和晶圆级投资的两大趋势。这些芯片的用途也在不断变化，有越来越多的芯片用于汽车大灯、LED 电视、个人电子产品和建筑照明。利润极其丰厚的固态 LED 照明市场也日渐兴起，预示着将用高效节能的无汞替代产品广泛取代传统白炽灯照明。

LED 产业的这场演变已经影响到在制造过程中检查产品的方法。过去，制造商很少有人愿意部署线上成品率改进策略，原因在于每个器件的平均成本很低，并且这些 LED 的应用对芯片性能的要求不高。在最后的阶段选择合格产品的“测试和分选”方法就能够满足客户的需求。

现在情况已经大不相同。客户不仅对规格的要求更高、更严格，而且 LED 的价格也在飞涨，LED 芯片生产商必须提高成品率才能保证利润。因此，多数领军制造商都在转向全面的成品率管理方法，以便在更好地服务于市场的同时，保持成本竞争力。

KLA-Tencor 是总部设在美国的一家半导体产业检查工具制造商。我们坚信，全面检查的方法有利于 LED 成品率管理策略。若要达到理想效果，本方法应当包含：贯穿生产过程各个关键点的线上自动检查；快速探测工艺偏移；通过缺陷来源分析及时查找根本原因；使用高级空间特征分析；全面的通用软件系统，用于汇集、分析和利用信息以最大限度减少生产错误的扩散，并及时采取纠正措施。

巨大的机遇

美国能源部固态照明路线图计划的两个关键目标是，在 2009-2015 年间，增加 LED 的效率一倍和降低每流明 LED 的价格一半（见图 1）。

为实现这些目标，一半以上的成本减少来自于为提高成品率而对线上检测、工艺控制和其他技术所进行的改进。

如果 LED 晶圆制造厂继续采用手工方法进行缺陷和成品率分析，将无法如愿提高成品率，从而降低芯片成本 50% 或以上。如采用这种传

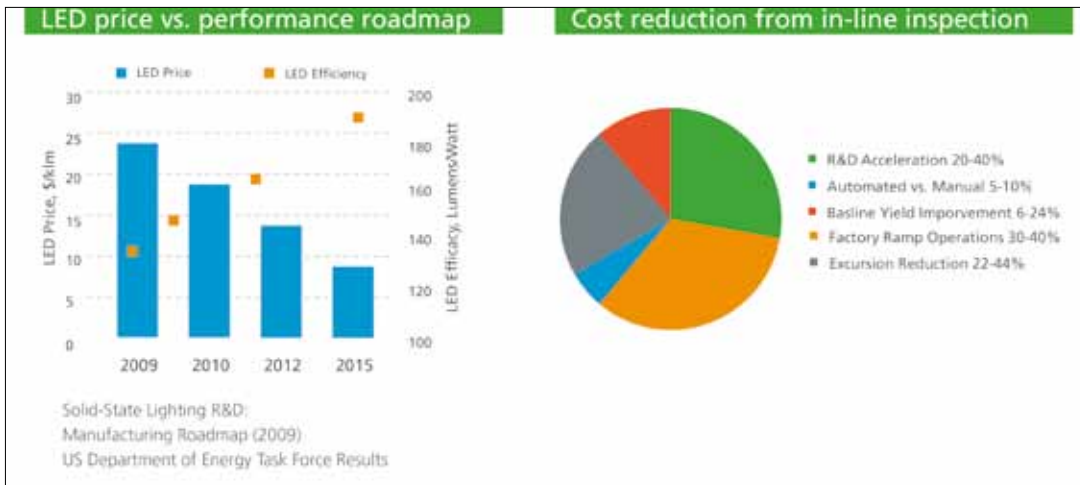


图 1：线上检查和成品率管理将降低 LED 的制造成本并提高绩效

技术 | Technology – LED 制造

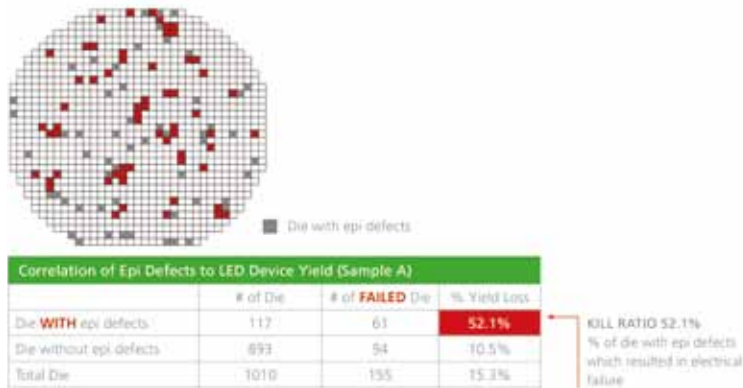


图 2：自动化晶圆检查将关联外延缺陷和在制造过程结束时评估的电气故障

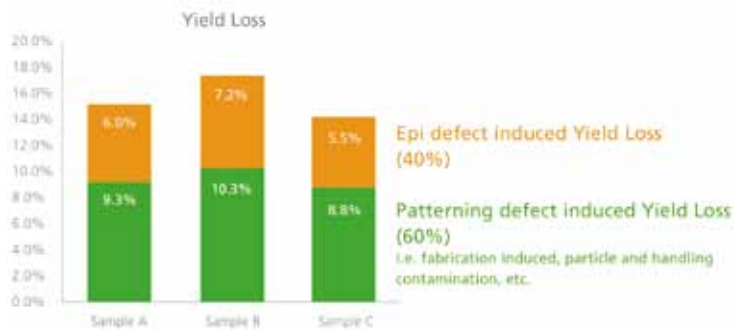


图 3：成型缺陷是比外延相关问题更重要的成品率损失原因

统方法，大量的预检时间将用于采集和格式化信息，只有少量时间用于分析和视情采取纠正措施等关键任务。此外，这种过时的方法还面临人工数据、采集方法不一致等问题，同时，也没有全面的方法用来关联裸晶圆、外延膜、成形晶片和微型电路检查等不同生产流程之间的关键信息。

由于缓慢的数据收集和些许的分析两者的低效组合，人们很难快速解决偏离可接受参数的工艺问题，并因此导致生产大量劣质芯片。

还存在另外一种成本，亦即在后续生产步骤中对劣质部件进行操作所涉及的代价。经验数据表明，通过在生产过程早期的关键点部署复杂的线上检查工具，就有可能获得有关后续步骤将产生的成品率的预测性信息。在芯片图中，通过对比根据外延后 (post-epi) 检查得出的预计故障与电气测试得出的实际故障，可明显看出这种优势（参见图 2）。这些分析图表明了外延缺陷和电气测试时的 LED 故障之间的高度相关性——超过 52%

III/V-Reclaim GaAs InP

The most cost effective method to excellent quality.

“Now offering Germanium Reclaim”

III/V-Reclaim

Wald 10

84568 Pleiskirchen / Germany

Telefon: + (49) 8728-911093

Telefax: + (49) 8728-911156

E-Mail: sales@35reclaim.com

Internet: www.35reclaim.com

○ We recycle your GaAs and InP wafer (all formats and sizes)

○ One and double side polished wafer

○ Best surface quality for direct use in Epitaxy

○ Backside thinning of fully structured wafer

○ Thin wafer (60 μm)

○ Single wafer processing possible

○ We buy used wafer and sell recycled wafer

的预测劣质芯片导致电气故障。

如此之高的“杀死率”明显说明外延室存在问题。但如果没有线上外延检查、及时分析和纠正措施所带来的优势，这个问题将在 2-4 周内继续存在、无人过问，直到在最后的“电子测试”中发现大量错误。在每月生产 20,000 个晶圆的 LED 制造厂，这个问题可能一直无人知晓，直到产出 10,000 到 15,000 个高缺陷率的晶圆。对于一家典型的 LED 制造厂，结合运用线上外延检查和及时的分析与纠正措施每年将节约数百万美元。

人工与自动

线上晶圆外延检查有诸多好处，但若与其他手段相结合，可进一步提高成品率（参见图 3）。我们认为，为实时识别工艺偏移并支持及时采取纠正措施，必须在制造过程的关键点进行自动线上检查，同时必须结合进行目的明确的统计工艺控制 (Statistical Process Control, SPC)。务必在产生缺陷的关键点部署线上检查，并实时采取纠正措施。如果能够超越“缺陷总数”SPC 方法的简单思维，转而采用最先进的方法，则效果最显著。

有趣的是，经验表明，外延偏移的大小不如发现偏移并采取相应措施所花的时间重要。即使通过低效的手工方法也能发现“重大”偏移，因此，此类偏移影响生产成品率的风险相当低。相比之下，发现细微的“轻微”工艺偏移难度大很多，因为此类偏移并不会明显偏离可接受的参数。此类偏移可能在相当长的时间内无法发现，致使更多产品面临风险，重大财务损失的可能性大大增加。分析表明，一西格玛差异比三西格玛或十西格玛差异更具破坏性。

自动线上检查可通过缩小分布范围和使用更加简洁的 SPC 图表捕捉这些细微的偏差（参见图 4）。

人工检查的主要缺点之一是，它在本质上取决于操作员的训练水平、一天中的不同时间、工作责任心、检查速度和可检查的产品数量等各种不可控制的参数。所有这些不可控制的变量造成的结果是，在检查结果的统计分布中存在过多“噪点”，使得细微的工艺偏移更加难以

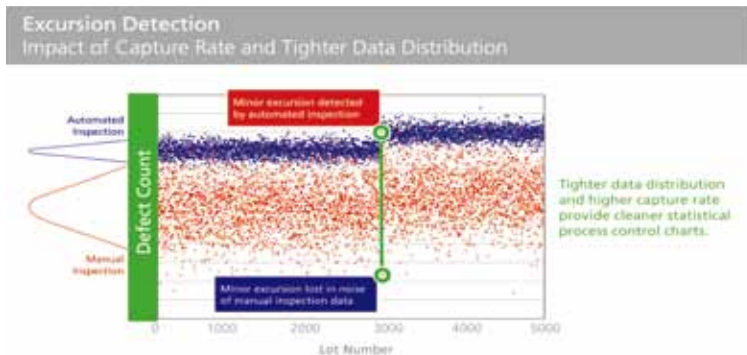
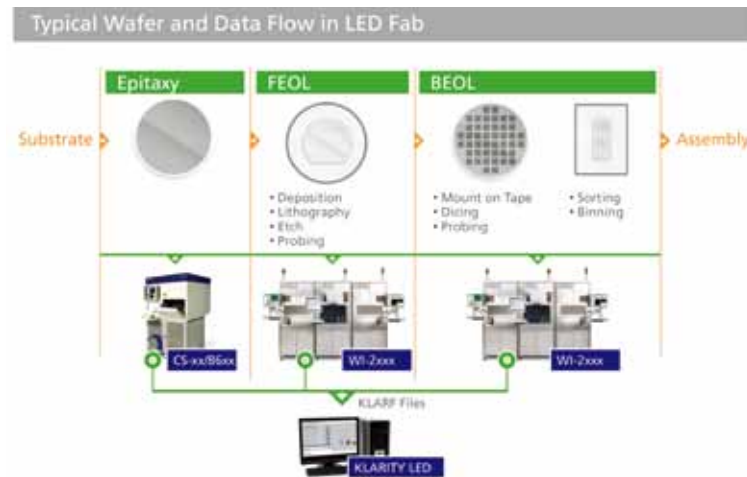


图 4：人工检查会将大量噪点带入任何测量结果。结果表明，使用人工检查可能忽视偏差，但应用自动化检查则更容易发现偏差。

发现（参见图 4）。相反，自动线上检查系统可消除检查过程中的主观性和可变性。工程师因此可集中全部精力识别生产工艺中的变异，加速识别可能造成重大影响的轻微偏移。自动线上检查站可部署在整个晶圆制造厂的关键点，并根据特定 LED 制造厂的工艺复杂性进行量身定制（参见图 5）。如果客户选择部署我们的工具，将为他们的芯片制造设施装备检查技术和平台，这些技术和平台均在硅集成电路 (IC) 制造实验室经过广泛深入的演进和改良。

我们的自动化工具采用集高级扫描与检测算法于一身的光学技术，可进行高产能、高灵敏检查，非常容易配置为适合人工方法难以处理的较小芯片尺寸，和适合要求大幅度提高成品率的较大芯片尺寸。在最后的输出阶段，这些自动化检查工具还能根据基于规则的分级算法，进行放行 / 截留评估和精确的多级缺陷分类。

图 5：根据第三代工具部署自动线上检查的关键 LED 工艺点



技术 | Technology – LED 制造

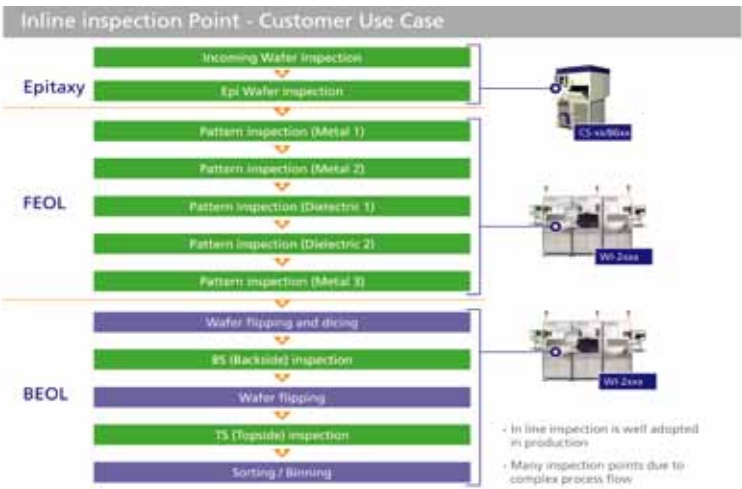


图 6：缺陷分析的最佳方法始于在中央实验室汇集缺陷数据

暴露缺陷

LED 制造厂工艺师最好能够在关键的生产步骤快速发现偏移。这样，他们就能够在大批累积误差扩散到生产线剩余的所有步骤之前，确定根本原因并采取纠正措施。好消息是，如果结合运用自动化线上检查和能够关联各种缺陷来源及在生产序列后期出现的影响的缺陷来源分析 (DSA)，要做到这一点就相对容易些。

来自综合成品率管理软件系统 Klarity LED 产品、来自生产流程各个关键点等处的缺陷信息将以业界标准 KLARF 数据格式 (KLA 报告文件) 传送至中央数据库。本数据可包含图像、排序 / 二进制数据及其他晶圆厂的输入数据，保证实现整个晶圆厂信息的无缝关联 (参见图 6)。

图 7：空间特征分析 (SSA) 确定关键的工艺特征

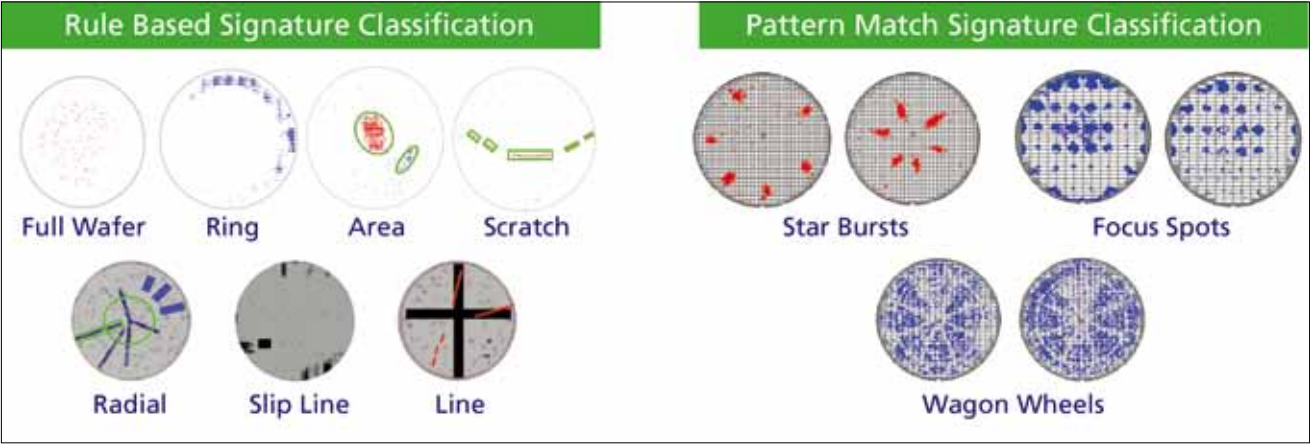
每个 KLARF 均包含详细信息，其中包括缺陷的 ID、位置和大小，以及来自检查工具的其他

信息。工程师可通过系统中的 PC 客户端分析中央数据中的缺陷数据，从而能够快速执行众多分析功能，比如创建 / 更新 SPC 控制图、生成晶圆图、帕雷托排列图或图像为库，以支持 DSA 活动。

工程师们能够访问完整的检查数据，从其桌面或工作站直接执行众多分析功能，并且凭借基于事件的自动触发器快速找到缺陷的根本原因，而不必反复进入洁净室和装配室，不必人工制作缺陷数据的表格。

工程师还有可能利用 DSA 的高级功能之一——缺陷过渡表 (DDT) 跟踪整个工艺流程中不同层级之间的缺陷形态变化情况。这样就能够缩小问题来源的查找范围，同时还能随着在各个流程步骤之间的移动，跟踪晶圆缺陷的过渡情况。结合定量逐层“附加”分析和晶圆图像库使用 DDT，即可快速确定根本原因。由于能够比来自整个工艺流程的数据和图像，工程师能够更清楚地查看“大图”和不明显的相互关系。结果：支持纠正措施的更快、更准确的 DSA。另一个功能强大的工具是空间特征分析 (Spatial Signature Analysis, SSA)。本工具可对表示不合格工艺或工艺工具问题的空间特征进行检测和分类，如缺陷簇和样式。量身定制的 SSA 解决方案还可针对特定的 LED 设计，配置为自动识别、分析和描绘工艺流程引起的特征和缺陷簇。

这样一来，即使晶圆的缺陷数量在规格范围之内，SSA 也能根据特征分类和分析结果警告工程师存在工艺偏移。SSA 还能用于结合预定义晶圆区 (如边缘) 的空间特征分类 (包括



技术 | Technology – LED 制造

圆环、径向、划痕和线形), 按区域进行缺陷特征监测。工程师可结合 SPC 和 DSA 使用 SSA, 利用定量数据支持及时的实际决策。比如, 可以设定趋势图以监视出现特定边缘特征和 / 或簇的情况。还可利用 DSA 功能的反馈信息确认和 / 或修改 SSA 规则和 SPC 图。

更重要的是, SSA 特征数据还可用于识别和忽略不影响故障率、不限制成品率的干扰缺陷。比如, 外延后微粒缺陷极少影响 LED 成品率, 但如果出现的数量较大并且各批次之间的差异很明显, 则可能触发假偏移事件。SSA 算法可经过预先调整, 以识别此类情形和避免误报。

工程师可选择使用 SSA 算法编辑器量身定制规则并纳入采自样本晶圆数据的特征, 以有效“训练”SSA 模式 (参见图 7)。如果 SSA 算法存储在通用数据库之中并链接到 DSA 文件和 SPC 图, 即可借此改进工艺控制方法。

各部分的有机结合

将各种特色功能集于一身, 形成 Klarity LED 综合成品率管理软件系统。本系统充分利用在硅业经过实践检验, 能够带来卓越效果的技术。本软件经过改进, 以满足和应对 LED 制造业的具体需求和独特挑战。本系统适合小型芯片和典型 LED 晶圆上的成千上万个器件, 超越了以往的人工管理系统, 能够更加有效地管理 LED 晶圆厂的成品率。自动化软件方法自始至终涵盖整个生产流程, 将成品率分析、偏移响应、从前端到后端的相关性和纠正措施有机结合在一起。

通过采用全面的成品率管理方法, 可将所有零碎的信息汇集成一个整体, 进一步加快工艺发展步伐、提高生产成品率、改进质量水平、提高偏移检测速度和带来更具总体成本效益的 LED 制造工艺。同时还有助于降低 LED 成本、快速挺进通用照明之类的新兴市场。

薄膜沉积和刻蚀 照亮LED之路



让EVATEC成为你高量产LED薄膜工艺的伙伴。从ITO导电膜, 接触和阻挡层, 减反射和DBR膜的沉积, 到蓝宝石图形化, 我们为客户提供大批量生产和小批量产的不同解决方案, 包括溅射, 蒸发, PECVD和ICP刻蚀工艺设备和技术。

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

www.evatecnet.com



等离子刻蚀：制造高亮度 LED 的关键技术

Mark Dineen 博士，Oxford Instruments Plasma Technology HBLED 产品经理

1. 简介

每个 HBLED 制造商的目标都是花更少的钱获得更多的光输出。面对强大的竞争和众多技术障碍，至关重要的是所有生产步骤的推进都要产生最佳的效果。优化的等离子刻蚀提供了几种方法以改善器件的输出并降低制造成本，从而实现双重赢利。

我从来没有认为自己是一个经验丰富的老手，但我有超过 15 年的 HBLED 工作经历。当我刚开始从事这一工作时，等离子刻蚀是一种从 p 型层向下刻蚀进入 n 型层的工具，为的是做出一个接点。从那时起，我们就看到了几个新的应用，这意味着等离子刻蚀更加重要。

2. 图形化蓝宝石衬底

现在蓝宝石仍是生长 HBLED 结构的衬底选择。不过，采用蓝宝石生长也存在两个问题：蓝宝石没有完美的晶格匹配，光提取会因为有两个

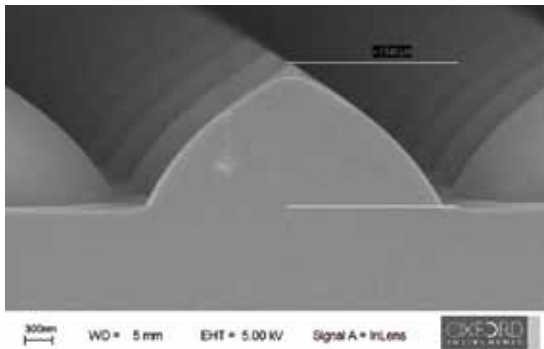


图1：典型的圆顶PSS特性

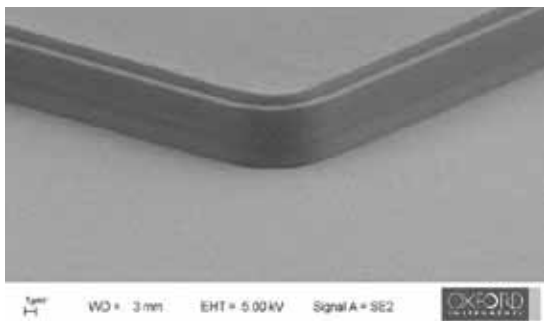


图2：PR试样中器件接点的浅GaN刻蚀

平行的反射面而减少。为了解决这两个问题，从 2005 年起一些公司在生长之前就在蓝宝石上刻蚀了图形。这可以使一个成品器件的光提取性能改善 98% 以上。

蓝宝石是一种非常稳定的物质，熔点为 2054 °C，因此难以进行等离子刻蚀。不过，在降低到通常的 150 °C 之前，用

来实现非常具体的图案形成的光阻 (PR) 仍有一个温度上限。PR 是这个过程选择的掩膜，最终的“圆顶”状依赖于所有掩膜去除的完成，其形状与蓝宝石和掩膜的相对刻蚀速率密切相关。由于简化了生产流程，降低了每流明的整体成本，PR 也成为了首选。

为了对材料进行刻蚀，Cl₂、BCl₃ 和 Ar 的组合常用于以较高等离子源实现的较高刻蚀速率。不过，这增加了试样的热负荷，因此，使用 PR 作为掩膜可以保持较高的刻蚀速率，为此有必要对晶圆试样进行有效的冷却。

硅产业习惯于将单晶圆紧固在温度控制工作台 (table) 上，并在工作台和晶圆之间引入了传热介质，通常是氮。“氮背面冷却”已成为单晶圆温度控制的标准方法。HBLED 制造目前使用批次较小的衬底，传送到输送板上的刻蚀工具。对于图形化蓝宝石衬底 (Patterned Sapphire Substrate, PSS) 刻蚀，HBLED 器件仍然主要制造 2 英寸或 4 英寸晶圆，因此可以显著降低成本，它对以一次运行处理尽可能多的晶圆是可行的方法。大量光阻掩膜晶圆的刻蚀要求控制好每个晶圆的温度，这需要了解怎样将来自等离子的热量从试样到冷却电极转移出来。氮气背面冷却是关键，同时要了解怎样使每片晶圆得到有效冷却，以确保成功。这种技术的批量规模从 20×2 英寸到高达 43×2 英寸，刻蚀速率在 50nm/分 和 100nm/分之间，速率取决于 PR 掩膜和 PSS 形状要求。

3. GaN 刻蚀

GaN 的化学稳定性和高键合强度、其熔点 (2500 °C) 和键能 (8.9eV/atom) 也使它具有很高的耐酸或碱刻蚀剂湿刻蚀能力。到目前为止，由于缺乏合适的湿刻蚀工艺，使人们对开发适合 HBLED 生产的干刻蚀工艺产生了极大的兴趣，这必须是单批次进行大量晶圆刻蚀。20 世纪 90 年代后期，等离子刻蚀批次规模从 4×2 英寸晶圆增





加至今天的 55×2 英寸或 3×8 英寸，现在的问题是在其吸引力消失之前它可以处理多大批次。随着晶圆尺寸从 2 英寸到 4 英寸然后是 6 英寸的向上迁移，这个问题也得到了解决。GaN 刻蚀的主要应用领域是浅接点刻蚀和高深宽比结构刻蚀。

4. 浅接点刻蚀

当刻蚀进入到接点层时，至关重要的是对半导体造成的等离子损伤最小，否则可能会增加接点电阻。刻蚀工艺需要仔细优化，以最大限度地提高吞吐量，同时保持器件的性能。光滑的表面通常表明高品质的刻蚀，如图 2 所示。

未经优化的刻蚀处理可能导致 GaN 刻蚀的位错 (threading dislocation)，进而导致麻点表面和接点电阻的增加。同样，PR 是这一步掩膜的选择，因为它是最简单的处理方法。据报道由于典型批刻蚀速率高达 140nm/ 分的温度限制，PR 的使用可降低所使用的功率。

5. 深隔离刻蚀

当需要高达 7 微米深度时，刻蚀速率是这一工艺的关键。这一步的作用是刻蚀到有源器件之间的底层蓝宝石衬底。由于蓝宝石是不导电的，在物理分离之前就隔离了器件。如果使用 PR 掩膜，这一刻蚀步骤的主要挑战是散热，因为高刻蚀速率是用高等离子密度实现的。这意味着单晶圆的紧固问题，通常的方法是使用静电吸盘。可以使用介质硬掩膜，这将可能实现高刻蚀速率批处理，此时整个批次的一致性决定了产量。

6. 光子晶体图形化

利用称为光子晶体的准晶体阵列图形化 HBLED 的发光表面可以提高光提取能力。其极端的表现如图 3 所示，此时 600nm 蚀象 (feature) 已被刻蚀了 4 μm 深，实现了大于 6:1 的高深宽比结构。这里的挑战是保持蚀象的垂直剖面，以确保光子晶体的光学性能。

7. 设备

为了达到高刻蚀速率和低损伤的要求，行业开发了几种高密度等离子源：电感耦合等离子 (ICP)、变压器耦合等离子 (TCP)、高密度等离子 (HDP)。所有技术都提供了一个固定试样驱动台，独立等离子源可实现高等离子密度，而不会

增加试样的 DC 偏差。DC 偏差已被证明可增加敏感表面的等离子损伤，所以这是一个至关重要的系统特性。PlasmaPro NGP1000 刻蚀系统是专门为 GaN、AlGaN 和蓝宝石刻蚀设计的，提供的批量规模可达 55×2 英寸、13×4 英寸、5×6 英寸或 3×8 英寸，可带来市场领先的晶圆 / 月产量。创新的 Viper 等离子源可与 ICP 源的等离子密度相媲美，同时保持高刻蚀速率和低损伤的好处。刻蚀批次所需的其他关键技术是：大面积等离子均匀性控制和知识，以及在积极等离子条件下控制多个晶圆试样温度的能力。

致谢

本文所述工作得到了 European Commission (FP7 合同号 228999 : “SMASH”) 的支持，SEM 照片来自英国巴斯大学 Philip Shields，在此一并表示感谢。

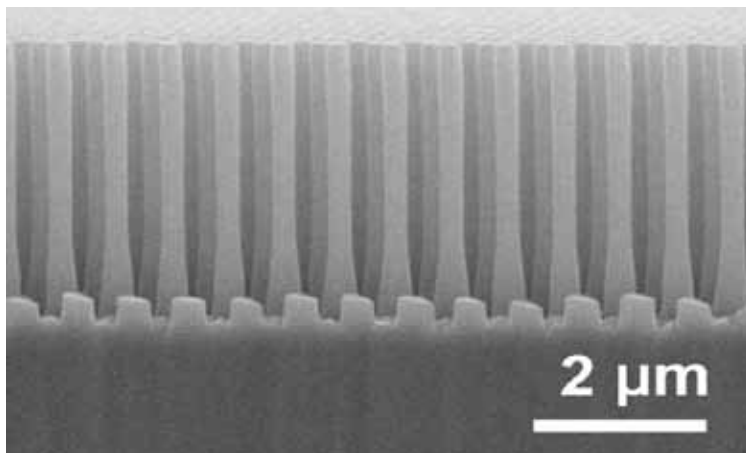


图3：高深宽比GaN深刻蚀



图4：PlasmaPro NGP1000刻蚀系统





揭开高电子迁移率晶体管 HEMT 性能退化之谜

D. Marcon, T. Kauerauf, S. Decoutere, IMEC

目前广泛使用的温度 - 加速试验可能过高地估算了 GaN HEMT 的寿命，因为该试验无法解释在小于临界电压情况下器件的失效机制，此该种失效包括有栅极性能的退化以及漏电流的急剧增加。

将 GaN 和 AlGaIn 配对使用就可组成高电子迁移率晶体管 HEMT，它以具有高电流密度、高工作电压以及宽频带范围内的优良性能而著称。然而这一系列性能实际上很难投入应用，除非能保证其产品具有长时期的可靠性。然而不幸的是，对氮化物 HEMT 可靠性的评估远不是一件简单的事情，一方面人们对于这种器件性能退化机制的了解尚十分有限，另一方面也受到许多不确定处理因素如试验时间和加速因子等的影响。

所谓的三种工作温度寿命试验是一种测试 AlGaIn/GaN HEMT 可靠性的传统手段。我们使用了 DC 或者 RF 偏压条件在三种不同（结）温度下对各组器件施加应力，通常在漏极输出电流或功率下降至 10% 到 15% 时就定义为该晶体管产生了失效。

通过首先计算每种温度下各组器件的平均无故障时间（MTTF），随后就可以提取出给定工作（结）温度下所预期的 MTTF，这种方法通常需要运用 Arrhenius 法则，它表明了器件工作寿命与温度的指数成反比关系。

三种工作温度寿命试验通常都可以获得超过 100 年的寿命数据，说明 AlGaIn/GaN HEMT

拥有很好的可靠性。不过这是一个令人难以置信的乐观观点，已经确认，并不是所有的退化机制都可由温度加速试验直接引起。实际的状况是有一些失效机制并不能由三种温度的寿命试验所揭示，这就使得器件的实际寿命就要比 100 年的估计值要短很多。

器件的应力试验

近来，来自不同机构的研究人员均发现，高电场强度会增加 HEMT 栅极漏电流，从而迅速地缩短器件的寿命。在氮化物领域的研究人员将这种过早的器件退化现象归咎于处于 AlGaIn 势垒栅极边缘下方的缺陷所致。人们通常是采用步进方式提高电压的应力试验来研究这种器件性能的退化过程，这是因为最为人们所接受的退化机制是基于一种与电场有关的方向压电效应。可以相信，当其弹性能量超过某一临界值时，AlGaIn 层内便会产生缺陷。

由步进式电压应力试验可以得到称之为临界电压（ V_{CRITICAL} ）这样一个概念。我们将偏压提升到这一临界电压值以上时，AlGaIn 层中的弹性能量就会超过临界值，导致形成缺陷和栅极漏电流的增大。根据上述理论，器件的工作电压若能处于临界电压值（绝对值）以下，将永远不会出现任何性能退化的现象。

逐步增大漏极电压（一个关断状态的步进应力）或者在源、漏极均接地时对栅极进行反向偏置（一个对栅极反向偏置的步进应力），这二者都可以在关闭状态下进行步进应力试验。在这两种测试中的失效模式（即在临界电压点漏电流会突然增大）是相同的，不过栅极反向偏置步进应力避免了边界效应，比如穿通或是缓冲层漏电。然而，由于栅极 - 源极的距离要

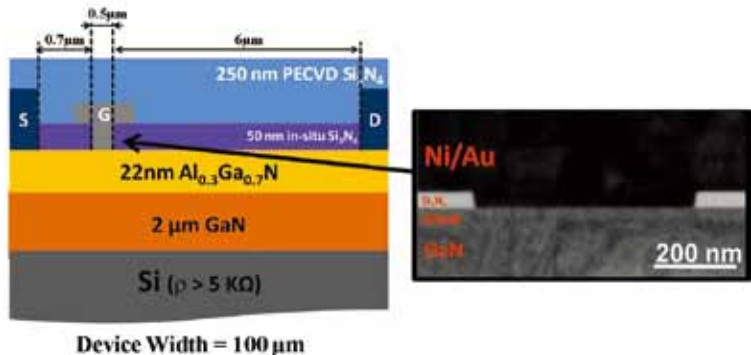


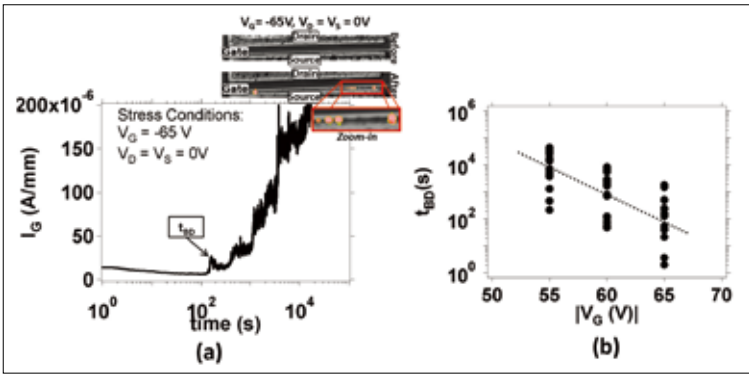
图1：本研究中使用了在4英寸硅（111）面的高阻衬底上生长Al_{0.3}Ga_{0.7}N/GaN外延层形成的器件尺寸以及结构示意图。右方的插图是嵌入式Ni/Au基T形栅极的TEM图像。



比栅极－漏极的更近，反向偏置通常会在源极一侧的栅极边缘产生较为严重的退化现象，同时该处的电场强度也最大。

在IMEC（一个位于比利时的欧洲研究机构），我们在RF GaN的HEMT中就发现了这种现象，该器件的栅极－源极间距为0.7μm，栅极－漏极间距为6μm（图1）。这种晶体管的临界电压值为-70V，对于栅－源间距只有0.7μm的HEMT来说这个电压已经是一个非常高的数值。然而比这更值得关注的是，与我们通常理解完全相反的是，发现对HEMT施加一个低于临界值的恒定电压应力时，我们可以观察到HEMT的性能已经发生了退化（图2a）。

器件的失效与栅极漏电流的剧增相关（图2a），十分类似于CMOS器件中氧化层的性能退化和击穿现象。这种在硅器件结构中的氧化层问题源于随机形成的局部优先漏电通路。通过发光显微镜（EMMI）的图像我们可以看到，存在着大电流注入的发光区域，在产生氧化层的击穿之



后，形成漏电通路的地方可以看到热点。

在我们氮化物HEMT中也观察到了同样的现象：受应力后的器件在沿着栅极宽度的方向出现了随机的局部热点（见图2a的插入图），由于在经受应力之前这些地方并不存在热点，这就清楚地表明，性能退化是由随机形成的局部漏电通路所致，然而产生这些漏电路径的本质原因还是个谜。

在硅晶体管氧化层中的击穿问题与HEMT在低于临界电压V_{CRITICAL}下的失效机制之间具

图2：（a）在V_G=-65V，V_D=V_S=0V时进行与时间相关的击穿（TBD）试验。经过一段时间后栅极漏电流会出现突然的增加，第一次的这种电流跃升就表明了出现了与时间相关的击穿（t_{bd}）；插入图表示的是器件偏置为V_G=-65V，V_D=V_S=0V时器件失效前后的发光显微镜（EMMI）图像。（b）在应力试验过程中与反向栅偏压状态相关的t_{bd}，图中的虚线仅起到观察引导作用。

PLASMA

日益创新的仪器

引领等离子工艺革命

牛津仪器等离子技术公司将智能科学转化为世界级先进产品。凭借灵活的系统，实现了微纳结构精密且可重复的刻蚀、沉积和生长。

- 等离子刻蚀和沉积
- 原子层沉积
- 离子束刻蚀和沉积
- 纳米级生长系统
- 氢化物气相外延



更多信息，请联系牛津仪器等离子技术公司：
Tel: +44 (0)1934 837 000 Email: plasma@oxinst.com
www.oxford-instruments.com/plasma



技术 | Technology – GaN HEMT

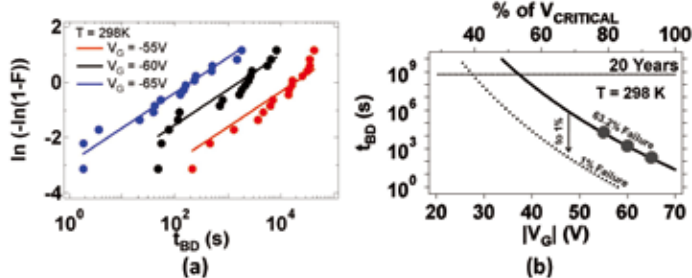


图3: (a) 三种与时间相关的栅极击穿电压下 ($-55V$ 、 $-60V$ 和 $-65V$) 击穿所需时间 t_{BD} 分布的 Weibull 曲线。(b) 在 298K 温度下朝向低偏压条件的 t_{BD} 外推曲线。失效率经比例缩小至 1% 时, 可以确定具有 20 年正常工作期限的工作电压近似值为 27V (对应于临界电压值的 38%), 在幂率模型 (power law) 中取指数 $n=27$ 时其数据的匹配性最好。

有高度的相似性, 从而启发我们可将 CMOS 器件已发展成熟的可靠性测量程序应用到我们 HEMT 器件的可靠性测量中。根据这种测量方法, 我们将 48 个器件分成 3 组, 每一组电压对应 16 个器件, 在室温下以三种电压应力分别对其进行与时间相关的击穿 (TDB) 试验 (分别为 $V_G = -65V$ 、 $-60V$ 和 $-55V$)。我们对其中的一个特征性问题, 即栅极电流在产生首次激增所需的时间 t_{BD} 进行了研究。

这种与时间相关的击穿 (TDB) 取决于应力的大小, 表明栅极退化与其偏置有着很强的相关性, 由此与电场强度亦密切相关 (如图 1b)。

将氧化层性能退化进行镜像化处理后, 我们 HEMT 的与时间相关击穿 (TDB) 遵循 Weibull 法则 (图 3a)。运用该法则进行数据拟合时需要一个形状参状参数 β , 还要加上一个参数 η , 它反映了在每个电压应力下器件组中 63.2% 器件的 t_{BD} 。一旦获得了这些 η 值数据, 利用外推法就可以获得更低电压应力下任意失效水平的 t_{BD} 。

举例来说, 我们计算得出对应于 38% 临界电压值 $V_{CRITICAL}$ 的工作电压为 27V, 这就保证在室温下使用 20 年后器件组中只有 1% 的器件

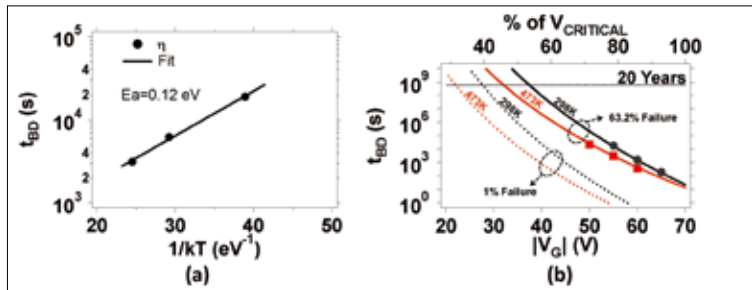
会产生失效 (图 3b)。为了得出这个结论, 我们利用了一种幂率模型 (power law) 进行外推, 因为该模型对我们的数据具有最佳的匹配性。

升高温度

通过对三组 (每组 16 个器件) 器件在 298K, 398K 以及 473K 温度下的栅极退化情况进行了比较, 各个温度下的栅极电压维持 $-55V$ 的固定值, 研究了工作温度对器件可靠性的影响。我们还采用同样的方法来研究室温下的器件特性, 发现从每个 HEMT 器件组所提取的 η 的数值都满足 Arrhenius 法则, 具有很小的激活能 0.12eV (图 4a)。我们的结论是: 栅极性能的退化与温度的依赖性不大, 由此得出的一个重要结果就是, 任何的温度加速试验, 包括普遍应用的三种温度寿命试验在内, 可能都无法用来表征栅极性能的退化现象, 这是因为采用了温度来作为加速因子, 而不是用电压。我们的研究表明, 经过几千个小时的高温应力并没有导致栅极失效, 然而这并不能保证在 20 年内其栅极不会出现性能退化现象。对一个标准的温度加速试验来说, 只能表明其在施加时间段内的电压应力强度不足, 才观察不到栅极性能的退化现象。

在环境温度为 200℃、栅极应力电压分别为 $-60V$ 、 $-55V$ 和 $-50V$ 的条件下, 我们重复了与时间相关的击穿 (TDB) 试验。在提取寿命数据时, 我们再次发现我们的实验数据很好地遵循了幂律法则 (power law) 模型 (图 4b)。在这种情况下, 22V 的工作电压 (对应于临界电压值的 31%) 可以保证器件在 200℃ 工作温度下具有 20 年的工作寿命 (届时只有 1% 的失效率)。如将该寿命值适合于一个栅极-漏极间距为 $0.7\mu m$ 的器件, 由于击穿电压与该间距呈比例关系, 增加栅极-漏极间距至 $4\mu m$ 后, 就能保证 200℃ 温度、70V 电压下工作的 HEMT 经过 20 年后只会出现 1% 的失效率。有趣的是, 将寿命曲线外推至室温条件, 它并不与 200℃ 的曲线平行, 这说明在不同的偏置时栅极的性能退化有着不同的激活能。换句话说, 仅仅采用 Arrhenius 方程以及从设定

图4: (a) 器件组中 63.2% 的器件发生 t_{BD} 的 Arrhenius 关系图 (Weibull 分布的 η), 其激活能为 0.12eV。(b) 在 298K (黑色) 和 473K (红色) 温度下, 朝向低偏压条件的 t_{BD} 外推曲线。失效率经比例缩小至 1% 时, 可以得到在 473K 温度下工作期限为 20 年时的工作电压近似值为 22V (对应于临界电压值的 31%), 在幂率模型 (power law) 中取指数 $n=27$ 时其数据的匹配性最好。



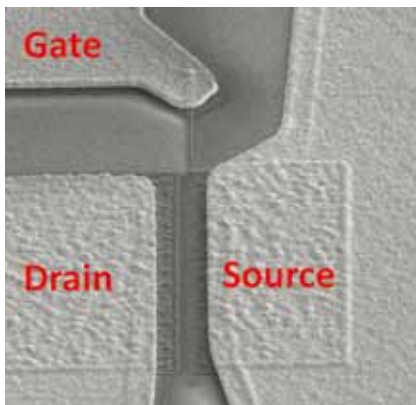


温度下进行的 TBD 试验所提取的寿命将无法推广得到其它任意温度下所对应的器件寿命。由这一发现得出的重要结论就是：为了避免外推法出现错误，应当在目标温度下进行与时间相关的击穿 (TBD) 试验。在采用这一普遍用于 CMOS 行业的方法时，温度效应在本质上已经被包含在失效的数据中。尽管我们对栅极性能退化的本质还不清楚，但还是有可能对其根本原因进行深入的研究，如已经证实了反向压电效应的作用。在上述情况下，在施加偏置时 AlGaN 层中所产生的额外应变将会决定缺陷的产生率。然而，一种可替代的、还不为人所熟

悉的现象可能还隐藏在与时间相关的栅极性能退化的背后，尚需要进行进一步的研究。

大量的证据表明，在临界电压值之下漏电流的增加将会引起器件性能的下降以及导致器件发生击穿，这对 AlGaN/GaN HEMT 来说是一个非常重要的可靠性问题。此问题并不是通过以温度加速为基础的传统可靠性试验方法来加以揭示的，而是它确实与所施加的偏压应力相关。因此我们认为全面的可靠性评估方案必须包括电压加速以及目标温度下的与时间相关的击穿 (TBD) 试验，才能正确地评估栅极性能的退化现象，以最终能可靠地预测出 HEMT 器件的工作寿命。

位于比利时的IMEC素以装备有最先进的工艺设备而闻名。



IMEC 的研究人员发现，在低于临界电压时氮化物 HEMT 会产生漏电流增大的现象，这将会引起器件性能的退化，并最终导致器件发生击穿。

参考文献

- D. Marcon et al. Proc of IEEE International Electron Devices Meeting 472 (2010)
- R. Degraeve et al. Microelectronics Reliability 39 1445 (1999)
- G. Meneghesso et al. Int. J. Microwave Wireless Technology 2 39 (2010)
- J. A. del Alamo et al. Microelectronics reliability 49 1200 (2009)



双极型 SiC 晶体管提高了电功率变换的效率

Anders Lindgren, 飞兆半导体公司

如今开关模式的电功率变换器限制了太阳能系统以及混合电动汽车的效率。要越过这个障碍，同时又能减少系统层面上的材料成本，其中的一个方法便是用碳化硅双极型晶体管来代替硅双极型晶体管，这样做可以使晶体管的输出电流高达 50A。

由 SiC 材料制作的晶体管在提升电功率变换效率上起到了关键性的作用，同时还减小了各个应用领域中各种电气产品的尺寸和重量。考虑到人们对散热器的要求和滤波器电感尺寸的减小，这种宽禁带半导体器件将可能首先会对可再生能源行业产生影响，用来提升太阳能电功率变换器的效率，并降低其材料成本，

通过减小混合变换系统的尺寸和重量，SiC 晶体管同时也可提升混合电动汽车的行驶里程。并且这种性能十分可靠的晶体管也吸引了一批地热、石油以及天然气业界工程师们的关注，他们正致力于寻找能在相对较高温度下进行工作的器件。SiC 晶体管还能使钻孔设备工作在更大的深度上，使得更多的、更为广泛的地热能源能得到利用。

目前隶属于 Fairchild 半导体公司的 TranSiC 公司正在拓展双极型 SiC 技术的开发，该技术将有着广泛的应用领域。我们所要做的工作是针对所有这些不同的应用需求来开发 SiC 的不同性能。在工业领域方面的应用，例如光伏电功率变换器，就得益于 SiC 晶体管的高效率，它的特点是可工作在非常高的开关频率下。作为对照，对于钻孔设备来说，双极型 SiC 晶体管的高温工作性能便是其主要的优势。然而，

件生产使用的是 TO-258 金属封装，结区的工作温度可高达 250℃。所有这些应用都是基于开关模式的电功率变换。

在这个变换过程中，是用开关频率来对电压和电流进行持续的调制。在 PV 变换器中，是用滤波器电感来对电压和电流波形进行平滑化。

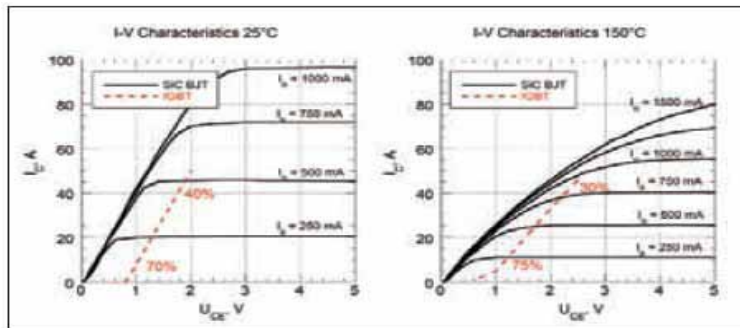
因此，在比较 SiC 晶体管及硅晶体管变换器性能时，都必须考虑到传导损耗以及由开关导致的损耗。在开启或关闭的过程中，对每个晶体管器件都会同时施加电流和电压，这样就会产生电功率损耗。要使这种损耗达到最小化，则需要减少电流和电压上升和下降的次数。

对于在开关应用中使用最广泛的硅技术来说，例如绝缘栅双极型晶体管 (IGBT)，在晶体管关闭后，传导电流的拖尾现象会使损耗增大，而 SiC 的双极型晶体管 (BJT) 则不会产生这种情况。我们研究的 npn 型 SiC 双极型晶体管为常闭型器件，它的传导损耗要比其它任何 SiC 晶体管的要低。一度困扰着 IGBT 的饱和电压拐点问题却不会产生传导损耗，因此在不是全负载电流的情况下其效率甚至还要高一些。

此外，我们还将单极性 (IGBT) 和双极型 (BJT) 硅器件的各自最佳特性结合到一起，并对其进行了进一步提升。双极型晶体管的特性是传导损耗低，并且将相对较为昂贵的 SiC 材料进行了充分的利用，与此同时还能保持其非常快速的开关性能。我们也对 IGBT 进行优化，将其在低传导损耗和低开关损耗性能间进行了平衡，而对于 SiC BJT 来说则无需采取这样的折衷手段。

由于集电极 - 发射极的饱和电压 - V_{cesat} 具有正的温度系数，BJT 同样也能很方便地进行并行配置。对于 SiC BJT 来说，较高的温度

图1: SiC BJT与硅IGBT的I-V正向特性曲线比较。在基极电流 (I_B) 从250mA变到1A这一范围内，BJT的集电极电流 (I_C) 是集电极-发射极间电压的函数。红色虚线表示了IGBT的相同参数曲线。



会产生更高的饱和电压，不过好在这也同时会使晶体管间的总电流达到最有利的平衡状态，此外它还可以防止芯片内部产生热点。

我们已经比较了工作电流为 50A SiC 双极结型晶体管 BJT 和硅 IGBT（一种工作电流为 40A 的高速器件，包括有一个硅 IGBT 和反向平行的二极管）的一些特性（见图 1）。通过这一反映这两种器件性能的图表，我们可以看到 SiC BJT 的饱和电压有着明显的下降，在工作电流为 40A 时其饱和电压相比于 IGBT 近乎小了 40%。随着集电极电流的下降，它在性能上的改善愈加显著，在 15A 电流时，25 °C 和 150 °C 时饱和电压上的改善比例分别达到 70% 和 75%，SiC BJT 这种卓越的性能是源于 IGBT 在零电流时会存在一个补偿电压。我们的 SiC BJT 的另一优势是它不会进入一个“硬”饱和状态，而上一代的硅 BJT 却正因此而声名狼藉，使 SiC BJT 开关看起来更像是一种单极性器件，如同面包师需要夹子，而它却不需要采取任何特别的预防措施。由于 SiC BJT 芯片的尺寸较小，并且也不存在其它寄生元件，因而它们能在很高的频率下工作，可以忽略关断时的延迟问题，并且也不存在电流的拖尾现象。

在电压为 800V 电流为 6A 的情况下，SiC BJT 的开关时间可以控制在 20ns 以下。在 50A 电流下该器件的开关时间将会长一些。这是因为电流的上升和下降速率会受到发射极通路中杂散寄生电感的影响，开关电流越大，开关所需的时间就会越长。

对于 50 A 电流的 SiC BJT 来说，开启和关闭所需的时间是非常短的：在 800V 电压时开启电流达到 50A 所需要的时间为 60ns，而关闭电流所需的时间则更短，只需 30ns（见图 2）。

开关能耗是由变换阶段施加于晶体管电压和通过晶体管电流的乘积所决定。我们将 SiC BJT 的电学损耗与 IGBT 的数据进行了比较，发现有着很大的差别：在 50A 电流、800V 电压的情况下，SiC BJT 总的开关能耗（开启加上关闭）只有 IGBT 开关能耗的 28%（见图 3）。我们已进行了高级别的系统模拟，揭示了低的

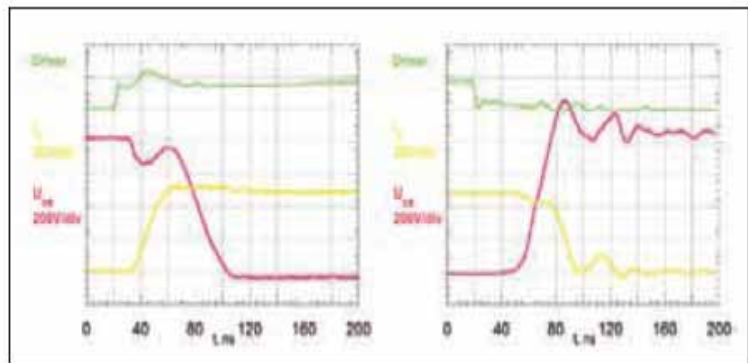


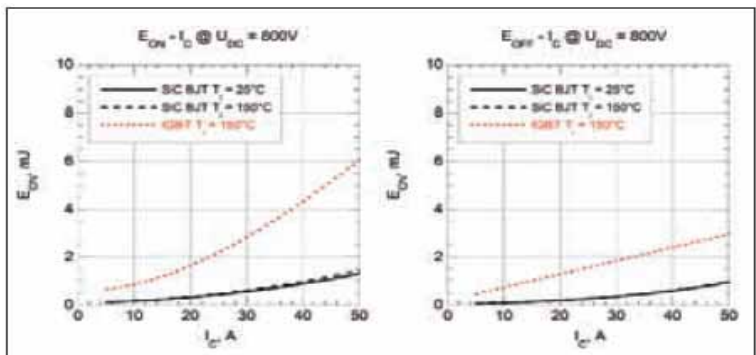
图2：SiC BJT开启（左图）和关闭（右图）电流的波形图。绿色的为控制信号曲线，黄色的为集电极电流曲线，酒红色的代表了BJT的集电极-发射极间电压曲线。开启过程十分迅速，整个时间约为60ns，关闭过程则更为迅速，只有大约30ns。

传导损耗和开关能耗对一个典型电功率变换系统的影响。已经对两种不同的拓扑结构进行了研究，一种是激励型，另一种是变换型。这两种形式都广泛应用于 PV 变换器的设计上。在这种 PV 变换器中由太阳能面板产生的电压通常是经过一个激励过程来实现最初的电压提升（见图 4）。随后将这个激励提升电压送达变换器的直流母线中（见图 5），产生交流正弦波电流并经输出端滤波器进行输出，最终进入电网。

我们进行模拟的具体条件是：使用 8kW 功率的激励阶段是将 400V 的馈入电压提升到 800V 的输出电压。在同等的冷却条件下，我们在 16kHz 和 64kHz 频率下比较了不同的开关和二极管。变换阶段所使用的是 800V 的直流连接电压，而其输出端口则是与常规 230V 交流电网相连接。

对于 8kW 功率的变换阶段来说，其最大输出电流幅值设定为 50A（RMS 为 33A）。使晶体管的交变和开关的频率保持相同，并且在整个交变期的冷却状况也保持相同，据此我们模

图3：在开启和关闭过程所产生的能耗比较，黑色曲线代表SiC BJT，红色曲线代表硅 IGBT。图中还显示SiC BJT工作温度对开关损耗的影响是很小的。



技术 | Technology – SiC晶体管

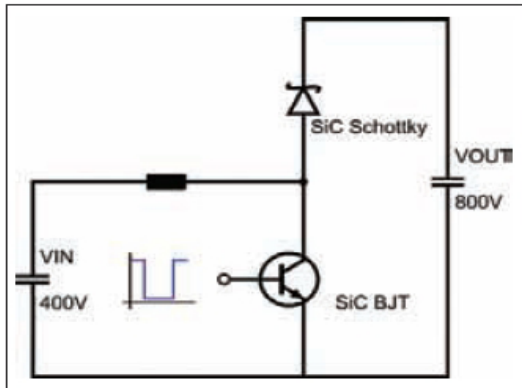


图4: 在8kW功率的激励阶段、400V输入电压以及800V输出电压下的模拟示意图, 对SiC BJT以及硅IGBT这两种晶体管都进行了相应的模拟。

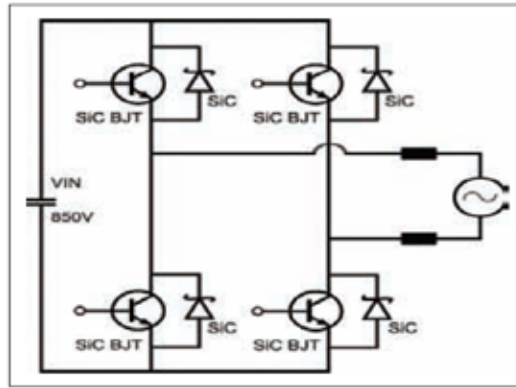


图5: 采用这种典型的变换电路, 就可将一个直流的输入变换成一个正弦交流的输出, 对SiC BJT以及硅IGBT这两种晶体管都进行了相应的模拟。

拟得到的结果见图6和图7。

这些模拟的结果不仅强调显示了 SiC BJT 比硅 IGBT 具有更低的传导损耗, 同时还证明了这种 SiC BJT 宽禁带器件的低开关损耗, 这将会大大提高变换系统的效率。若将低损耗看作是变换系统设计者的一个首要设计目标, SiC BJT 应该使用与 IGBT 相同的低开关频率 (16kHz)。

遵循这种思路, 并根据我们的模拟结果, 在激励阶段的损耗可以减少 52%, 而在变换阶段可以减少 65%。然而, 如果将成本、尺寸和重量看作是重要的因素的话 – 通常我们一般只需考虑成本和重量这两个因素 – 系统设计者就得提高开关的频率, 这将可减小激励阶段 choke 现象以及输出端滤波电感的尺寸。就算是四倍于初始的开关频率, 即增加至 64kHz, SiC BJT 的损耗还是要比 16kHz 下工作的 IGBT 要低。四倍的频率增大几乎可以使开关

电感器的成本、尺寸以及重量都能减半, 还能减少晶体管的能耗。

这些模拟最初是从所包含的开关电感出发, 例如直流 - 直流变换器以及具有输出滤波的变换器。模拟结果说明了 SiC BJT 在降低广泛应用电功率变换系统的成本及尺寸方面是如何发挥关键性作用的。结合在高效率上的需求, 使得 SiC BJT 成为一个理想的选择, 可应用于 PV 电功率变换器以及移动设备中, 例如汽车中的直流 - 直流变换器和牵引驱动器中。

汽车工业的电气化进程正以十分快速步伐的向前发展, 如这一领域能充分利用 SiC BJT 的优异特性的话, 这将会对电气系统向小型化和易于冷却方向发展起到很大的推动作用。

图6: Fairchild公司的工程师们从电-热模拟的结果中得出了SiC BJT在激励过程中表现出来的卓越性能。如图4所示48kW功率的激励变换电路中, 其损耗是输出电流的函数, 从图中可以看出随着负载电流的不断减小 (部分负载), 与硅器件相比, SiC器件在效率值的增长上会愈加明显。

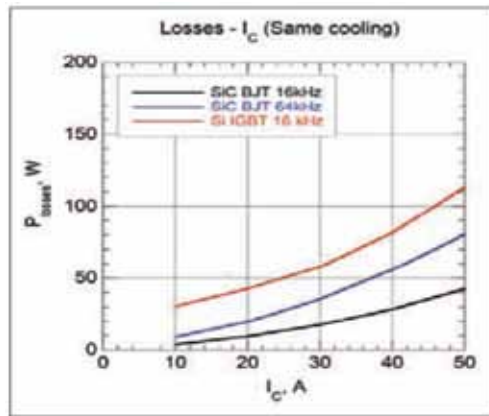
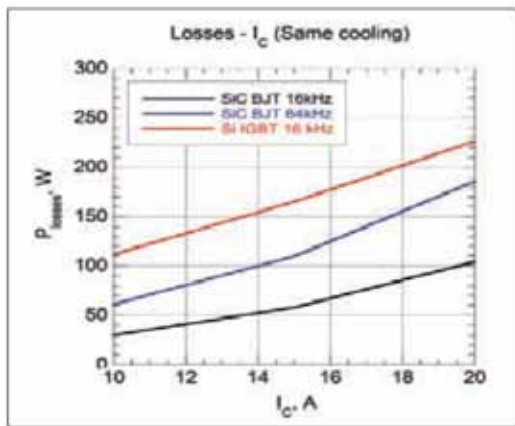


图7: 根据Fairchild公司的计算, 如果用SiC BJT来替代硅IGBT的话, 那么SiC BJT可以降低变换阶段的损耗。如图5所示8kW功率的激励变换电路中, 其损耗量是输出电流的函数, 从图中可以看出随着负载电流的不断减小 (部分负载), 与硅器件相比, SiC器件在效率值的增长上会愈加明显。



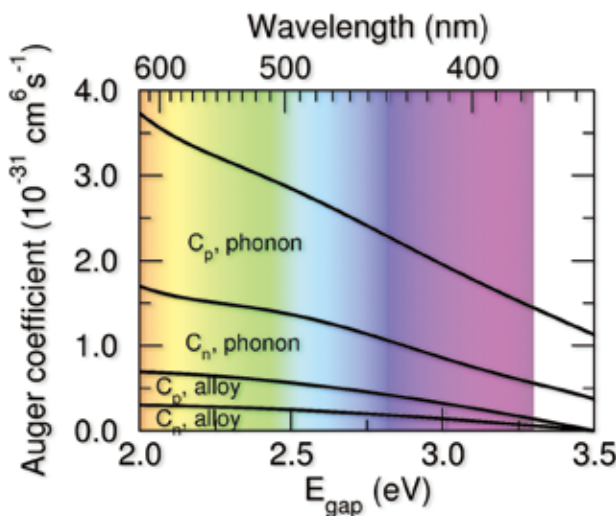
理论学者揭示是俄歇机制引起 LED 发光效率的降低

美国加州大学 Santa Barbara 分校 (UCSB) 的 Chris Van de Walle 团队, 通过计算发现两种形式的间接俄歇复合机制是引起 LED 发光效率降低的主要原因。LED 发光效率降低是指在高驱动电流条件下 LED 器件发光效率降低的现象, 许多研究者集中地讨论了导致 LED 发光效率降低的原因, 一部分认为是俄歇机制所致, 而另外一部分人则认为是由其它理论机制所致。

在俄歇机制专题讨论会上, 与会者激烈讨论的话题是究竟以哪种确切的俄歇复合形式来描述 LED 发光效率降低问题。来自美国 UCSB 大学的 C. Walle 团队目前宣称他们已经发现了引起 LED 发光效率降低问题的真正原因: 这种间接俄歇复合是由电子的声子散射和合金散射所共同导致的。

在 2007 年末, Philips Lumileds 公司的研究者们首次宣称俄歇复合是引起 LED 发光效率降低的主要原因, 他们的这一主张是基于对光致发光的测量结果, C. Walle 团队工作是在这一基础上做出的进一步努力。然而, 来自美国 Arizona 大学由 J. Hader 带领的理论研究团队却对这一俄歇机制解释持怀疑态度。在 2009 年初, 他们在计算标准俄歇过程——直接带内俄歇复合时, 发现其计算结果远不足以来解释这种 LED 发光效率的降低问题。

而在 2009 年晚些时候, C. Walle 团队就曾指出, 电子经带间跃迁到第二导带这一过程在 LED 发光效率降低问题中扮有十分重要的角色。然而, 该过程只对一个小的 InGaN 组分范围才显得重要, 它并不能解释 LED 在大跨度波长范围内的发光效率降低现象。



根据 UCSB 大学的计算结果, 氮化物 LED 中最大俄歇系数来自于声(子)助“空穴-空穴-电子”过程, 在图中标识为“C_p, phonon”。

最近, UCSB 大学团队已经计算了由散射机制所致间接复合的俄歇系数, 散射会提供额外的动能, 使得俄歇跃迁可在更广范围的终态间进行。

理论家们已发现在氮化物材料中电子-声子的相互作用较强, 这是由于氮的 2p 轨道所致。C. Walle 解释道: “在磷化物、砷化物和锑化物材料中, 总有另外一个 p 型轨道的能量低于成键 p 轨道的能量, 所以参与成键的电子可以看作是一个屏蔽原子核的电荷。”“与此相反, 含有 2p 轨道成键的氮原子就可以看

作为其原子核电势未得到屏蔽”, 这就使得键能对氮原子核的确切位置将非常敏感。

C. Walle 和他的同事还计算了由合金散射引起间接俄歇复合的强度。他们采用一个有 32 个原子组成的元胞, 其中包括 12 个镓原子, 4 个铟原子和 12 个氮原子来进行上述计算, 进行这样的原子数量组合是为了复制出完全随机的合金近程结构。C. Walle 说: “采用一个由 32 个原子组成的元胞能最大可能地来代表一个“随机”的合金结构”。

由电子-声子相互作用和合金散射所促成的俄歇机制间的关系曲线如图所示, 该曲线是采用密度泛函理论(局部密度近似和平面波赝势方法)进行基本原理计算而得到的。

该图表明, 随着 InGaN 禁带宽度从紫光变到绿光时, 间接俄歇系数将会变大三倍。根据 C. Walle 的理论, 这已可以部分地解释了“绿光带隙”现象, 即波长在 530nm 到 580nm 之间 LED 的发光效率将非常之低。

然而, 他说形成该带隙的部分原因是由于工作于更长波长氮化物 LED 中的量子阱厚度减小所致。

减小量子阱的厚度可以对应变的增大以及位错的形成产生补偿。C. Walle 说: “然而, 对一个给定的载流子密度, 随着参与复合的载流子密度上升, 与辐射复合相比, 俄歇复合将





更为重要”

此外, C. Walle 认为, 随着氮化物 LED 应用被推向了更长的波长, 极化场的增大也会导致发光效率降低的问题, 因为强极化场会分离电子和空穴, 从而降低了辐射复合的效率。他同时还指出, 如没有足够的空穴注入到多重量子阱中, 就会导致器件 P 区一侧有源区内的载流子趋向于位置局域化, 这就增加了实际参与俄歇复合的载流子密度, 增大了俄歇复合与辐射复合的比值。

自意大利 Politecnico di Torino 的理论学家 M. Goano 以及来自同属于 Boston 大学和 Francesco Bertazzi 这两个机构的理论学家 E. Bellotti, 却对 UCSB 大学团队的理论方法提出了质疑。他们的质疑主要是有关在用能带插值法来寻找钢的组分时, 发现带隙与第一、二导带间的禁带之间存在着共振现象。

而 C. Walle 解释道: “我们的工作并没有要利用这种共振现象, 这是由于电子-声子耦合和合金无序散射

的载流子将会遍及整个 Brillouin 区。”

C. Walle 认为要解决 LED 发光效率降低问题的关键是在于减少参与俄歇复合的载流子密度。他说: “要做到这一点, 需要将量子阱做得更厚一些, 并且将其扩展至一个更大的体积中, 或者是采用非极性或半极性的生长取向来提高整体的复合, 减少实际产生俄歇复合的载流子密度。”

E. Kiopakis et al. Appl. Phys
Lett. 98 161107 (2011)

纳米图形化的蓝宝石衬底可提高绿光 LED 的输出功率

经刻蚀图形后的蓝宝石衬底由于提升了氮化膜的质量和光捕获能力可提高绿光 LED 的输出功率

美国和日本的研究人员通过合作, 通过采用具有圆柱孔的六角形阵列结构的衬底来替代现有的蓝宝石衬底, 将可使绿光 LED 的输出功率达到原来的三倍。

来自纽约 Rensselaer Polytechnic Institute (RPI) 的论文通讯作者 C. Wetzel 相信, 其团队的工作可以推动高效率全频谱可见光 LED 的发展, 将可使具有极高颜色质量、高效率 LED 照明的发展达到一个巅峰状态。从采用平面型衬底变换到采用具有 250nm 直径圆孔图案的衬底可提高 LED 的输出功率, 并可以降低螺旋位错的密度。

通过分析与绿色 LED 电致发光相关联的干涉条纹, 研究者们相信经纳米图形化的衬底可在光捕获能力上较原先提高 58%。

虽然 C. Wetzel 团队已经记录了许多 LED 芯片的输出功率值, 但是他们只考虑了小部分经图形化衬底的参数值, Wetzel 认为, 将肯

定会对衬底图形化影响 LED 输出功率问题进行更为系统性的研究。他说: “我将不会对此感到惊讶, 即在今后一年内 LED 输出功率可提升 30% 到 50%, 两年内可提高一倍”。

氮化膜的透射电子显微镜 TEM 照片显示, 蓝宝石衬底经纳米图形化后其螺旋位错密度从 $6.4 \times 10^8 \text{cm}^{-2}$ 降低到了 $3.6 \times 10^8 \text{cm}^{-2}$ 。

结晶质量的提高源于刻蚀孔底部的螺旋位错的消失, 该位错通常会因开口型空洞而自行终止。改变螺旋位错生长面的方向同时使其只能在生长面内扩展可以很好地抑制该种位错的产生。

Wetzel 说道: “我们所提到的螺旋位错密度是从平面视图上来讲的, 事实上, 两种不同视角的区别并不大”。根据 Wetzel 的理论, 想要从本质上提高晶体质量, 可以通过靠近衬底的剖面视图来获得相关信息。来自 RPI 和日本的 Scivax 团队, 采

用纳米压印光刻技术在蓝宝石衬底上获得了一个分布周期为 450nm 圆孔的六角形阵列。

将经图形化衬底送入 MOCVD 设备, 在衬底上沉积一层外延结构, 它包括了由 8 个 3nm 厚的 InGaN 量子阱形成的有源区, 它们由 GaN 势垒层进行隔离。

一个经掺杂的、10nm 厚的 AlGaN 电子阻挡层也是 LED 的一个构成部分。

在这种经图形化的衬底上, 人们可以制作大小为 $350 \mu\text{m} \times 350 \mu\text{m}$ 、未经包封的器件, 再采用一个平面型衬底器件作为参照。在驱动电流为 30mA 和 100mA 时, 经衬底纳米图形化的 LED 在 537nm 波长和 523nm 波长所产生的输出功率分别为 2.3mW 和 5.2mW, 而平面型衬底的 LED 在 543nm 和 527nm 波长只能产生 0.88mW 和 1.8mW 的输出功率。

Y. Li et al. Appl. Phys. Lett 98 151102





氮极 HEMT 正在赶超传统技术

在蓝宝石衬底上用 MOCVD 生长的氮极 HEMT 在 4GHz 频率时可获得与传统镓极 HEMT 相当的功率密度。

来自美国加州大学 Santa Barbara 分校的工程师们，已经将氮极 HEMT 在 4GHz 工作频率下的单位功率密度从 8.1W/mm 提升到 12.1 W/mm。这种氮极晶体管和更为普遍的镓极晶体管一样，都是非常具有应用前景的器件，能从 L 波段到 W 波段进行微波的功率放大。

论文的第一作者 Seshadri Kolluti 表示，从镓极 HEMT 转换到氮极 HEMT 具有诸多的优势，如具有很低的接触电阻以及更好的按比例缩小特性，后者是使器件能达到更高工作频率的关键。之所以它能具有更高的工作频率是因为在氮极 HEMT 器件中的电荷是由位于二维电子气下方的 AlGaIn 阻挡层诱导而产生，这就使得栅极可安置在离导电沟道非常接近的部位。Kolluri 说：“然而，在经如此高度缩小的器件

结构中，我们需要开发一种良好的绝缘体材料来防止栅极的漏电”。

包括 S. Denbaars 和 U. Mishra 在内的美国 UCSB 大学团队通过改变沉积技术，即把采用分子束外延 MBE 技术改成采用金属有机气相沉积 MOCVD 技术之后，将他们的 HEMT 的功率密度提升了 4W/mm。Kolluri 解释道：“较低的位错密度和富氮生长条件对 MOCVD 生长器件层十分有利，所制作的器件具有更低的栅极漏电流和更高的击穿电压”。

与蓝宝石衬底 a-平面呈 4° 的角度来生长 HEMT，其目的就是希望能获得光滑、高质量氮极薄膜。晶体管的尺寸为 $2\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ ，栅极的标称长度为 $0.7\mu\text{m}$ ，栅漏间的间隔为 $0.8\mu\text{m}$ ，它们都是通过标准光刻工艺形成。对击穿电压定义是，通过 $1\mu\text{m}$ 间隔缓冲层的漏电流为 1mA/mm 时所需要施加的电压值，通过对该器件测试显示其击穿电压为 250V。

该 HEMT 器件的最大振荡频率和截止频率分别为 40GHz 和 16GHz。在 4GHz 工作频率的条件下，将 HEMT 器件的偏置设在深度 AB 级模式来测量其连续功率（此时漏极偏置电压为 50V，静态漏极电流为 121mA/mm），测得其输出功率密度为 12.1W/mm，具有 55% 附加的功率效率。该器件在 4GHz 频率下输出功率密度与在蓝宝石衬底上所制作的最好的镓极 AlGaIn/GaN 器件相当。由于 SiC 衬底具有极高的热导率，UCSB 大学团队目前正着眼于在半绝缘 SiC 衬底上用 MOCVD 来生长氮极 HEMT，这将能制作出具有更高功率密度的 HEMT 器件。Kolluri 说道：“我们还正在尝试将器件的栅极长度缩减到 100-150nm，这样就可以在毫米波段内获得更好的功率放大性能。”

S. Kolluri et al. IEEE Electron. Dev. Lett.

Alchimer 硅穿孔阻挡膜技术取得重大进步

Alchimer 公司披露，其 AquivVia 硅穿孔阻挡层工艺能够对复杂的硅形貌提供均匀、有保证的 100% 阶梯覆盖率，包括高深宽比的扇形侧壁表面。AquivVia Barrier 和 Alchimer 的整套湿式沉积产品集保形性、阶梯覆盖和纯度于一体，为 PVD、CVD 或其它干式工艺所不能比拟的，成本比标准的干式工艺低 40% 至 50%。

阻挡层是硅穿孔薄膜堆栈中最底层的元素之一。Alchimer 的覆盖能力前所未有，使得不需要解决阻挡层的

问题，令后续的沉积时间大幅缩短并降低成本。覆盖率达 100%，还会消除后续的晶种层和填充沉积过程中可能会发生的一系列与覆盖有关性能和可靠性问题。

Alchimer 首席技术官 Claudio Truzzi 表示：“现有用于产生硅穿孔的刻蚀技术有很多优点，但倾向于产生扇形、阶梯和其它表面特征，对后续的薄膜沉积带来真正挑战。传统的真空沉积工序一直无法放入高质量的阻挡层，尤其是较深、直径较小、深宽比为 10:1 及以上的填孔——我们

需要这些比率来全面实现 3D 整合的经济优势。”

Truzzi 解释说：“质量较差的阻挡层直接导致电迁移、填充结果不理想以及互连电路通路遭遇高电阻，这些因素都将影响高值 3D 部件的性能和可靠性。这种覆盖率达 100% 的新产品显示我们的阻挡膜均匀分布在填孔的周边和底部，甚至在存在阶梯形态及扇形的情况下也不例外。因此，后续各层的下沉将有理想的基础，而所需时间也大幅减少，带来额外的经济效益。”



用化学腐蚀来改善薄膜 LED 的性能

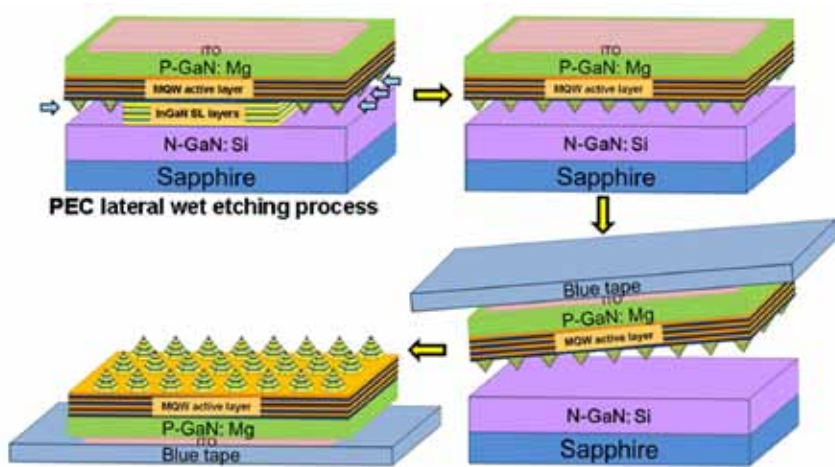
用氢氧化钾溶液进行光化学腐蚀来制造低应变、高效率的发光二极管 (LED)。

台湾的研究者声称, 针对目前广泛应用的激光剥离工艺, 他们已经研发了一种替代方法, 这种新型工艺在性能上十分优异, 可应用于高亮度薄膜 LED 的制造中。

来自台湾中兴大学的论文通讯作者 Chia-Feng Lin 解释说: “在 InGaN LED 结构上进行传统的激光剥离工艺会增加其位错密度”。根据他的说法, 这将会导致器件在反向偏置时漏电流的增加, 以及在激光处理过程中所产生的局部升温造成 GaN 的损坏。Lin 和他的同事提出的新方法能解决所有这些问题。新方法是在器件中先插入一个 Si 掺杂超晶格交替结构的牺牲层, 其中 InGaN 和 GaN 层厚度均为 3nm。先在氢氧化钾溶液中对这种超晶格结构进行光化学腐蚀, 然后用粘贴膜的机械剥离方式来使缓冲层和衬底与器件所有其余部分进行分离。

以一个功率为 50mW、波长为 405nm 的激光二极管作为光源, 进行 10 分钟的光化学腐蚀处理步骤。Lin 说: “InGaN/GaN 牺牲层的横向湿法腐蚀速率比重掺杂硅 GaN 层的腐蚀速率要高”。他还补充说, 在腐蚀过程中, 器件结构中还施加了 +1 V 的偏压, 来防止顶部 InGaN 层的损伤。

化学机械剥离工艺所具有的最具优势的特性之一是, 除了能制作薄膜器件以外, 它还能用来制作高质量蓝宝石衬底上 GaN 的模板, 它可用于随后器件外延层的生长。Lin



光化学剥离工艺可以制造低应变的薄膜 LED 器件

估计道, 采用这种衬底模板能增加 MOCVD 反应室的产量, 可由每天 3 个批次产量增加至每天 4 个批次的产量。

台湾研究团队并不是唯一在进行化学剥离工艺研发的团队, 其它的研究小组也已经在 CrN, ZnO 和钨的化学剥离上取得了成功。然而, Lin 坚持说, 他和他的同事们的方法更具有吸引力, 因为这种方法所加工的材料直接与氮化物 LED 的外延生长相关联。

这种独特方法的另一个优势是: 它可以部分地释放器件中的应变。应变是由氮化物层与蓝宝石衬底间的晶格失配所引起, 降低应变会使其发射波长从 526nm 蓝移至 511nm。产生这一蓝移的原因是减少了导带和价带分布的扭曲现象, 与此同时这也会增加 LED 内部的量子效率。并且, 腐蚀工艺会增大对光的获取效率, 因为它产生的锥形结构能降低光在芯片内部的反射。

Lin 还对《Compound Semiconductor》杂志说, 他们团队已经将未经任何激光

剥离处理的传统 LED 的性能与采用这种化学剥离工艺制成的 LED 的性能进行了对比。在驱动电流为 20mA 时, 后者发光强度更高并具有更短的峰值发射波长。Lin 补充说: “这两种结构的正向电压和漏电流都几乎相同”。

Lin 团队的未来目标之一是将这种工艺应用于电镀铜衬底上的大功率 LED 中。另外, 研究者们还想进行 InGaN-LED/Ga₂O₃/GaN 模板的研发。Lin 解释说: “通过光-电-化学的氧化工艺, 可以将未经掺杂的 GaN 外延层氧化成 Ga₂O₃ 层”, “在 MOCVD 系统中进行外延层的再生长工艺之后, 为了进行化学剥离工艺, Ga₂O₃ 层可以作为一个牺牲层而用稀盐酸溶液进行腐蚀去除”。

化学剥离工艺所具有的最大优势之一是, 除了能制作薄膜器件以外, 它还能制作高质量的蓝宝石衬底上 GaN 模板, 这种模板可以用于随后器件的外延生长。

M.-S. Lin et. al. Appl. Phys. Express 4 062101 (2011)



采用自立式 a- 平面衬底来提高 HFET 的性能

在一个已商品化的原始 a- 平面衬底上制作的增强型 GaN HFET 其漏极电流强度可达 220 mA/mm。

来自日本的一个工程师团队通过在一个自立式 (Freestanding) GaN 衬底上进行器件生长的方法来制作 HFET 器件, 打破了 a- 平面增强型异质结场效应晶体管 (HFET) 的漏极电流强度记录。

增强型 HFET 与耗尽型 HFET 相比, 前者的应用要少得多。耗尽型 HFET 更易于制造, 并具有高的击穿电压和高的工作温度, 并具有很高的电流密度。然而在许多应用中, 人们也非常希望其中的增强型 HFET 能具有同等的性能, 因为这样就能降低其待机功耗, 可简化电路, 这对应用于自动故障防止电路中是必不可少的。

为了制造增强型 HFET, 研究人员将目光转向了非极性衬底。通过调节阻挡层中的施主浓度, 就可以控制沟道层中二维电子气的密度。

有一些研究团队, 其中包括美国加州大学 Santa Barbara 分校的研究团队, 已经采用了自立式 m- 平面

衬底来制作他们的增强型 HFET, 但这样做会在氮化物外延层中产生高浓度的氧污染。虽然由此产生的高漏电流可以采用铁掺杂措施来加以减小, 但是这种铁元素会对沟道产生沾污, 从而降低了漏极电流, 并会增加电流的崩溃效应。

当 HFET 是生长在以 r- 平面蓝宝石衬底的 a- 平面 GaN 上时, 由于晶体管中会产生位错和堆垛层错, 所以这种器件的性能也不令人满意。

然而, 来自 Meijo 大学的论文通讯作者 Yasuhiro Isobe 说, 如果对生长条件进行充分的优化, 就有可能在自立式 a- 平面 GaN 衬底上制造出高质量的 HFET 来。

Isobe 和他同事曾在商品化 a- 平面 GaN 衬底上制造出了这种 HFET 晶体管, 这些商品化 GaN 衬底主要由 Kyma 技术公司和 Sumitomo 电子工业公司等进行生产。

这些器件在结构上的特征是具有一个未经特意掺杂的 GaN 缓冲层, 其厚度大于 7μm, 随后是 3 层 Al_{0.34}Ga_{0.64}N 层, 其厚度分别为

1nm、3nm 和 16nm。最薄和最厚的两层未经特意的掺杂, 与处于它们中间 3nm 厚的薄层形成一种三明治结构, 该中间层的硅掺杂浓度为 $3.5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 。

根据二次离子质谱 SIMS 分析, 在 a- 平面 GaN 层中的 O 含量水平低于仪器的检出限 $2 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ 。

当栅源间电压为 3V、栅极宽度为 2μm、源漏间距为 8μm 时, 这种 HFET 可提供峰值漏极电流强度为 220mA/mm。而当这个电压调节至 -20 V 时, 漏极电流为 $8 \times 10^{-6} \text{A/mm}$, 该日本团队说这个数值比生长在广泛使用的 c- 平面上 HFET 的相应值要低。这种晶体管跨导的峰值为 56.6 mS/mm, 当源漏间电压为 +8V 时, 其阈值电压为 -1.6 V。

该研究团队现在正在试图制造具有更高性能水平的器件。Isobe 说, 他们已经取得了一定成功, 但是同时也发现了一些问题, 对此进行详细描述

的论文将会随即发表。
Y. Isobe et. al. Appl. Phys. Express 4 064102 (2011)

III-V 族表面氧化层的有序化

研究人员通过对 InGaAs、InAs 和 InSb 表面的氧化处理, 首次在 III-V 族材料表面形成了有序的二维氧化层。

III-V 族材料表面氧化层一般是质量很差的无定形 (或多晶) 结构, 其中的缺陷对器件工艺十分有害, 这个问题极大地阻碍了 III-V 族沟道 MOSFET 的发展。目前, 一个由 Turku 大学领头的芬兰 - 瑞典合作团队宣称, 他们首次发现对 III-V 族材料进行有目的的氧化时, 可在 III-V 族材料 (100) 晶面上形成长程有序的表面氧化层。这为研究氧化物特性提供了一个很好的平台, 也为制作绝缘物 / III-V

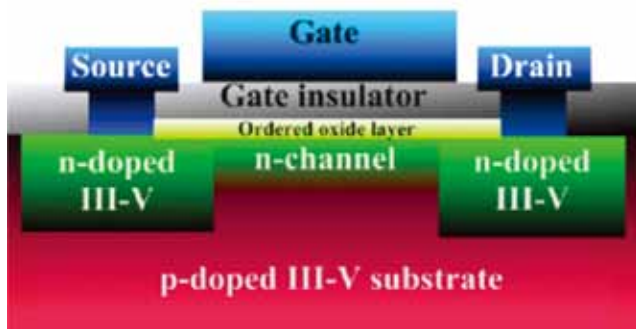


图1: 图中显示了含有结晶氧的III-V表面层是如何用作III-V族沟道MOS的一个组成部分。





科技之光 | Research Review

族界面提供了一种新颖的模板，虽然在这种界面上，氧化反应的影响并不严重。而且，上述这些新的发现有助于来解释具有热生长 InAsOx 界面层的 MOSFET 中器件特性的改进问题。

采用表面科学 / 工程及其基本计算方法，这一欧洲团队发现表面氧化层的结晶化过程，将会受到初始 III-V 族材料表面结构、衬底温度和氧分压间相互作用的影响。

初始的 GaAs (100)

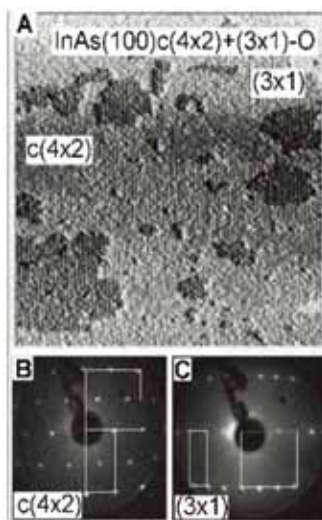


图2: (A) 经氧化 InAs (100) 表面的扫描隧道显微镜 (STM) 图像, (B) 和 (C) 与低能电子衍射 (LEED) 图像中亮点相对应, 表明该材料在较大范围内具有良好的结晶特性。

晶面、InAs(100) 晶面和 InSb(100) 晶面的衬底都具有十分有序的 c (8x2) 表面结构, 而 InP(100) 晶面则具有 (2x4) 的表面结构。通过在纯的 GaAs 衬底上沉积 1-2 个单分子钢层, 再将样品加热到 500-550 °C, 就可以得到 InGaAs(100)c(8x2) 表面。然后, 将氧气注入真空室中进行氧化处理, 其中氧分压设定为 $3-4 \times 10^{-6}$ mbar, 样品在氧气中的暴露时间可在 5 至 30 分钟之间变动, 另外根据材料的性质不同, 衬底温度将在 350-520 °C 之间来进行选取。

由低能电子衍射 (LEED)、扫描隧道显微镜 (STM) 和光发射的分析结果可以推断, 上述工艺条件使得这种结晶氧化表面具有二维岛状平滑形貌。这个团队下一步将会对 III-V 族沟道 MOSFET 的性能进行研究, 该晶体管在 III-V 族材料和高 -k 栅介质 (如 Al_2O_3) 叠层间将会采用有序结构的氧化物界面。

M. P. J. Punkkinen et al. Physical Review B, 83, 195329 (2011)

如何在硅衬底上生长无缺陷的 GaAs 纳米线

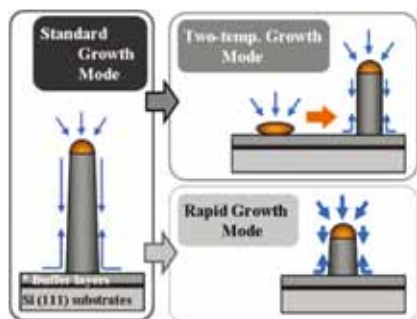


图1: 显示了三种不同工艺生长纳米线方法

科学家已经发现采用不同的生长条件可以改善生长于硅 (111) 晶面衬底上的砷化镓纳米线的性能。

如果你想在光电子器件中使用纳米线, 那么这些纳米线必须要有完整的晶格结构, 不能存在有如孪晶、多型相和堆垛层错等缺陷。

目前, 国立澳大利亚大学一个以 C. Jagadish 为首的研究小组采用了一个特殊的生长工艺, 已经研发出了一种可以在硅衬底上生长无缺陷的 GaAs 纳米线的方法。为了确定它

是否能提高纳米线结晶体质量, 以 Jagadish 为首的科学家们采用了三种不同工艺条件在硅 (111) 晶面衬底上生长 GaAs 纳米线 (图 1)。他们先通过生长一个 GaAs 缓冲层来减小 GaAs 纳米线和 Si 衬底间在晶格常数和热膨胀系数上的失配问题, 当研究

者在 Si 衬底上进行 GaAs 纳米线的垂直生长时, 他们获得了具有笔直形状的 GaAs 纳米线。

在与澳洲 Queensland 大学 (以 J. Zou 为首) 以及美国 Cincinnati 大学 (以 H. Jackson 为首) 研究团队的合作中, 科学家们随后对纳米线的结晶

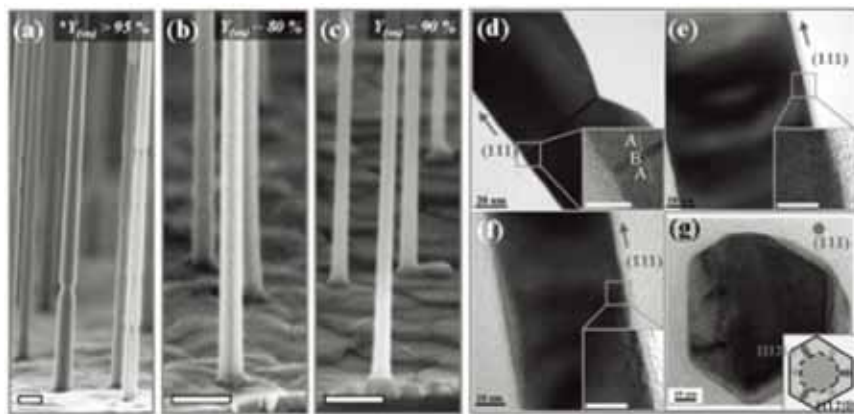


图2: 高分辨扫描电子显微镜 (HRSEM) 图像分别显示了 (a) 表面有凹槽的标准 GaAs 纳米线 (b) 双温度生长的 GaAs 纳米线 (NW) 和 (c) 高速率快速生长的 GaAs 纳米线, 它们均具有较小的形状锥度, 且表面无缺陷。每个标尺长度均为 200nm, *Y(vn) 代表垂直纳米线的良品率; 高分辨透射电子显微镜 (HRTEM) 图像显示了 (d) 具有有孪生缺陷的标准纳米线 (e) 双温度生长的纳米线 (f) 快速生长的纳米线都具有完整的闪锌矿晶体结构。 (g) 标准纳米线剖面 TEM 图像显示其为截顶的三角形状。图中插入的标尺刻度均为 5nm。



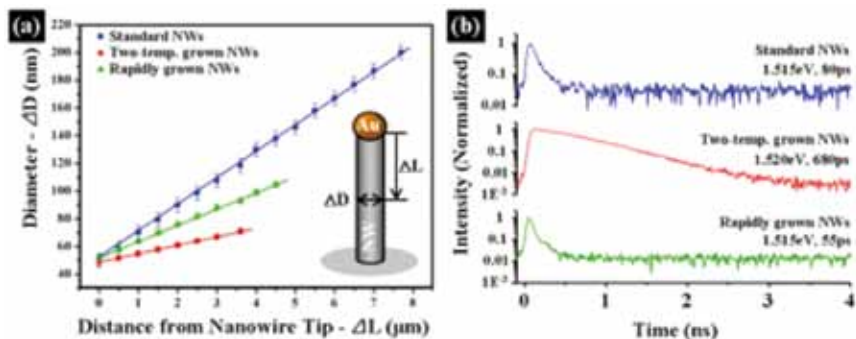


图3: (a) 距纳米线顶端的距离与测量得到的纳米线直径的关系图, 显示了纳米线单位长度下其直径的变化情况。这三种类型的GaAs纳米线 (NW) 均每隔 0.5 μm 长度进行一次直径测量; (b) 低温 (15K)

结构和光学性质进行了研究。研究中主要运用的分析技术有: 扫描电子显微镜 (SEM), 透射电子显微镜 (TEM) 和微区和时序光致发光 ($\mu\text{-TR-PL}$) 等测量技术。通过采用双温度生长以

及一个具有快速生长速率的工艺来改变生长条件, 所制作的垂直 GaAs 纳米线将不会存在表面粗糙和结构缺陷等问题 (见图 2)。

具有快速生长速率的方法可产生

具有最高产量的垂直生长和笔直形状的纳米线, 而双温度生长方法可以生长出具有最长激子寿命 ($\sim 600\text{ ps}$) 和最小锥形形状的纳米线 (见图 3), 这正好是光电器件应用时所希望的具有的特性。

以上这些结果显示, 将 III-V 族纳米线光电器件与硅基微电子器件进行集成将会具有非常广阔的前景。目前, 国立澳大利亚大学的研究团队正在与合作者一起致力进行 GaAs 纳米线和其它 III-V 族化合物半导体纳米线在器件应用上的多项研究工作。

Jung-Hyun Kang et al. Crystal Growth & Design

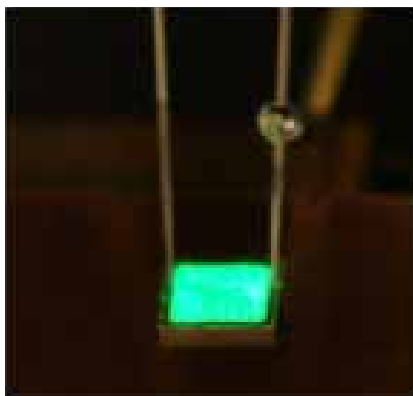
在硅上生长的 InGaN 长波长 LED 器件问世

RSL 希望在未来的 2-3 年对其硅基氮化镓技术进行产业化, 然后继续在 200mm 的硅衬底上开发生长工艺。

来自 RoseStreet Labs (RSL) 的科学家展示了世界上首款在廉价硅衬底上生长的长波长 LED 器件。

长期以来, 科学界和产业界都一直在探索绿光和更长波长的 LED 器件, 以填补全球 LED 照明市场的“绿光缺口”, 该市场增长迅速, 产品的性能强调能效、成本和小型化。

在亚利桑那州凤凰城的 RSL 氮化物研究中心, 研究人员采用 RSL 独有的硅上 InGaN 薄膜技术、在商用外延设备上制取了长波长器件, 该技术也应用到了高效光伏和功率器件领域, 而上述 LED 的突破也受益于此技术。相比通常 LED 生产所用的传统蓝宝石和碳化硅衬底而言, 硅衬底有显著的成本优势。



无论对固态照明 (SSL)、还是 LED 背光与下一代显示技术, 高效率的长波长 LED 都是前进道路上的关键的里程碑。相比紫外、蓝光 LED 而言, 因绿光或长波长氮化物 LED 量子阱效率不高, 所以很难制造, 一直是 LED 产业发展的 脚石。

FlipChip International (FCI) 公司是 RSL 的姊妹公司, RSL 计划最终由 FCI 将绿光和长波长 LED 封装为成品, 借助该公司在半导

体功率器件封装领域丰富的经验, FCI 拟为这些 LED 器件提供独有的解决方案。

RSL 的科学家也展示了其原型, 彩色和白光。因在发光强度、低能耗和低商用成本几方面的潜力, 这款 RSL 器件表现出了良好的前景, RSL 相信在 2-3 年内可以移植到 200mm 硅衬底上实现量产。

RSL 的首席执行官 Bob Forcier 表示, “RSL 在能源技术方面的战略是全方位的, 并希望在全球范围内达到颠覆性的效果, 这些取得突破性进展的长波长和绿光 LED 产品是对此战略的完美体现, 也推动了在 GaN 和硅上 InGaN 领域的投资”。

首席技术官 Wladek Walukiewicz 表示, “因在绿光和长波长波段获取高效率器件存在材料生长的挑战, 绿光 LED 一直不好实现…所以我们对器件的潜力感到非常兴奋”。





揭示更多石墨烯的秘密

Berkeley 实验室的科学家在碳化硅 (SiC) 衬底上生长石墨烯薄膜, 对其电子结构借助先进光源系统 (ALS) 进行研究, 通过试验的方法开创了一些方面的先例。

石墨烯是厚度仅为单原子的碳原子层, 在人们能获取它之前, 对其进行理论方面的推测一直是个热点课题。尽管理论预测石墨烯具有奇特的特性, 但用实验进行验证却总是充满挑战。

现在, 在美国能源部 Lawrence Berkeley 国家实验室的研究人员借助 ALS 迈出了关键一步, 验证了石墨烯的确像预测的那样不同寻常、甚至更奇特。

研究小组在美国科学院院报 (PNAS) 上发表了这一成果, 作为论文第一作者 David Siegel 介绍说, “石墨烯不是半导体、不是绝缘体、也不是金属, 而是一种特别的半金属, 其电子特性比预想的要有趣的多。”

Siegel 是 Berkeley 实验室材料研究所 (MSD) 的研究生和加州大学 Berkeley 分校物理系 Alessandra Lanzara 小组的成员。为了对非掺杂石墨烯进行研究, 他和同事们对特制的石墨烯样品, 用 ALS 光束线 12.0.1 的角度解析光电发射谱 (angle-resolved photoemission spectroscopy, ARPES) 进行了分析, 揭示出了没有额外载流子的本征石墨烯在所谓的“狄拉克点”的材料特征。

狄拉克点是石墨烯能带结构中独

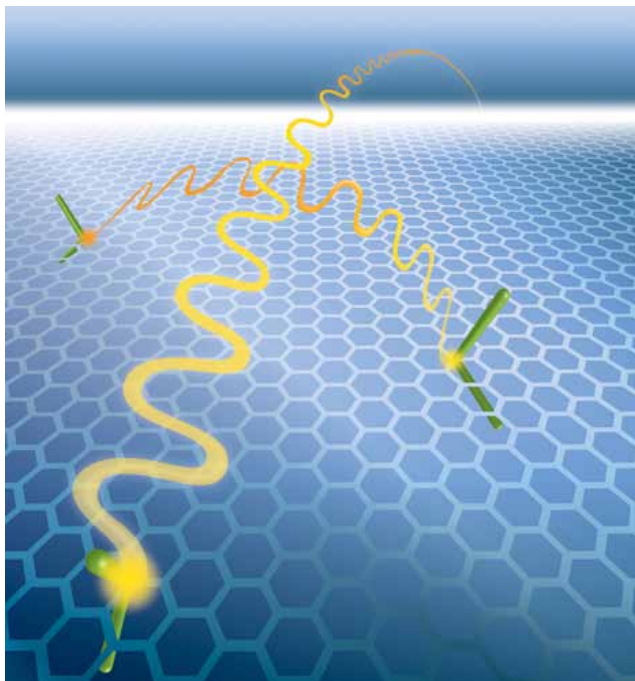


图1: 非掺杂的石墨烯为一种半金属, 其特别属性为: 石墨烯蜂巢状晶格上广泛分布的粒子之间的电子间相互作用-图中以常用的描述这些作用的Feynman图来给以艺术化的表述。在普通的金属中, 电子的相互作用仅发生在短距离之间, 而石墨烯中电子的长程相互作用改变了载荷子的根本属性。(图片由 Berkeley 实验室公共事务处的 Caitlin Youngquest 提供)

特的现象。和半导体能带结构不同, 石墨烯没有能带间隙, 在电子填充的价带和空置导带之间不存在能量缺口, 这些能带可用两个互为接触的锥体 (狄拉克锥 Dirac cones) 来表示, 在狄拉克点处有线性的接触。当石墨烯的价带被完全填充、导带完全空置时, 可以被看作是“非掺杂”或“电荷中性”, 正是这种情况石墨烯就表现出一些有趣的特性。

当石墨烯样品被 ALS 的 X 光束激发, 激射出的电子撞击探测器形成谱线, 通过直接对电子动能和飞出角度进行测量, ARPES 试验可干净利索地绘出狄拉克锥的截面, 并逐步构建出整个锥的图谱。

非掺杂石墨烯中电子相互作用的方式与金属中的情况大相径庭: 锥边 (或

ARPES 谱线的 X 边) 发生显著的内弯, 说明电子相互作用发生在更长的间距 - 达 79nm, 并产生了较大的电子加速度。该从未见过的不寻常现象, 通常被成为“重整化”的现象。

为了理解该团队发现的意义, 有必要先了解他们的试验设置。理想的情况是, 对非掺杂石墨烯的测量与表征需要针对处于悬浮状态的自支撑石墨烯, 但是, 许多试验得以进行首先要求样品是在一个稳定的衬底之上, 但这又会影响表层电子的特性并对试验产生干扰。

于是, Siegel 与他的同事决定研究在 SiC 基板上生长的特殊的“准自支撑”石墨烯, 对其加热时硅从碳化

硅中驱离而碳在表面聚集形成相对厚的石墨 (类似于铅笔芯) 层, 临近该层的石墨烯相对于另一侧的石墨烯会发生转动, 这样两层可认为是孤立的单层。

在固体物理学中, 对一种材料进行研究的最基本问题之一就是其载荷子的性质。从前苏联物理学家 Lev Landau 和意大利裔美国籍物理学家 Enrico Fermi 开始, 普通的金属材料可由非常强大的固体物理理论、即 Landau 的 Fermi 液体理论进行描述解释。

尽管单个的电子可以承载电荷 - 例如在铜质导线中, 但是电子不能被理解为简单的、独立的粒子。因为它们持续地与其他粒子发生作用, 所以必须考虑这些这一点; 电子和互相作





用在一起可被设想为“准粒子”，虽更类似于自由电子但是有不同的质量和速度。这些差异可以通过被称为重整化的数学方法进行推导。

Landau 的 Fermi 液体就是由这些准粒子构成。除了对电子和互相作用的特征进行描述，Fermi 液体也有一些其他特征，在多数材料中该理论通常具有相同的形式。载荷子互相作用，可以遮住电子、并阻止或减少她们的长程作用。

“因为在通常情况下，诸多材料的特征都基本相同，物理学家们总是对典型 Fermi 液体的另类系统充满兴趣，这也是为什么我们结果如此振奋人心的原因。非掺石墨烯的确和我们

根据常见 Fermi 液体的估计不同，我们的结果与理论计算相当吻合”。

最生动的例子可能就是半金属石墨烯中电子之间的长程互相作用，而这种作用在普通的金属中是被屏蔽掉的。Siegel 承认，“我们主要的结论是，我们已经确认了存在长程作用，这改变了石墨烯中准粒子的基本行为。”

关于该工作的更多细节可参考论文“Many-body interactions in quasi-freestanding graphene,” by Siegel et al, Proceedings of the National Academy of Sciences, which can be accessed online at doi: 10.1073/pnas.1100242108.

此项工作得到了国家自然科学基金和美国能源部科学办公室的支持。

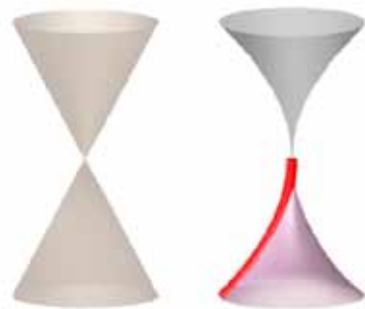


图2：石墨烯的狄拉克圆锥的侧边通常为直的，表明能量的增加是平缓的（左图），但在非掺石墨烯的狄拉克点附近ARPES谱线呈现出明显的内弯，这表明电子相互作用发生的间距不断变长，并导致较高的电子速度——也是半金属石墨烯区别与金属的特征之一。

Imec 采用填孔方法开发新 SiGe

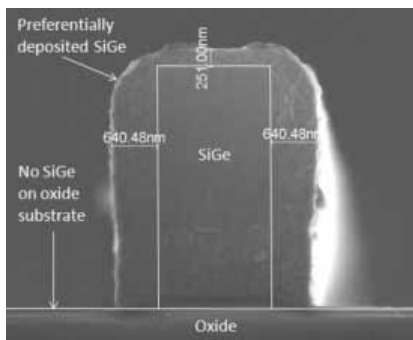
采用填孔方法的简化技术降低了硅锗加工操作的昂贵成本和复杂性，有助于 IC 制造商降低成本和缩短周期时间。

Imec 开发出了一种采用 CVD 的 SiGe 优先沉积的新方法。该研究机构将这种方法进一步设计成为一种沟道变窄的创新技术，可以仅通过沉积填孔，而不需要光刻 / 刻蚀以及随后的化学机械研磨（CMP）。

这种技术为减少工艺操作次数提供了一个途径，从而可降低集成电路的制造成本。

异质性集成的功能模块（例如模拟 CMOS 或 MEMS）可能需要高深宽比的深沟道。这些通常是借助光刻和等离子刻蚀工艺来实现的。变窄沟道通常是采用填充材料的方法，然后选择性刻蚀填充的材料，以达到预期的沟道宽度。但这种技术需要昂贵和复杂的光刻技术和等离子刻蚀处理。

由于存在孔洞，传统的互连级填充技术要求用额外的 CMP 步骤实现表面



平坦化。这些额外的刻蚀和平坦化过程非常复杂，增加降低良率的缺陷，成本高昂。因此，寻找不需要复杂的光刻和刻蚀实现沟道变窄，以及 CMP 处理填孔的替代方法是减少制造过程中操作次数，因而节省制造成本的一种可行方式。

Imec 最近发明了一种利用 CVD 优先沉积掺硼硅锗的新方法。优先沉积是通过用 CF_4 RF 等离子体预处理衬底实现的，与 SiGe 衬底相比，这

可以增加 SiGe 在 SiO_2 衬底上沉积的聚结时间。聚结时间是一个成核层在衬底表面完全形成并开始连续 SiGe 沉积之前所需的时间。

这种效果是由于在 SiO_2 衬底增加了 C 和 F，这就大大降低了在潜伏期所形成的晶粒表面密度。 CF_4 前处理和 CVD 沉积可以在同一个处理室中按顺序执行，而无需破坏真空，或分别在不同的处理室或设备执行。

Imec 已经使用这种方法开发了用于沟道变窄和填孔的纯沉积技术。这些简化的技术可以降低昂贵成本和加工操作的复杂性。Imec 表示，它已经成功地展示了这些技术的可行性，与常规方法的沟道变窄和填孔相比，采用这些技术将实现不太复杂的工艺。这将有助于 IC 制造商通过减少加工操作改善成本和周期时间。





产品橱窗 | Product Showcase

应用材料推出全新 Baccini® Pegaso™ 模块化光伏制造平台

应用材料公司宣布推出其全新的 Applied Baccini® Pegaso™ 太阳能光伏 (PV) 电池制造平台, 帮助客户将他们设计的新型更高效太阳能电池实现量产。突破性的 Pegaso 制造平台能够在太阳能电池的双面印制电路, 这一工艺包括多道丝网印刷金属化工序、测量和分拣步骤。Pegaso 系统进一步推动了最先进的太阳能电池制造技术工艺, 能够以低于市场上所有类似系统的每瓦成本, 提高太阳能电池的成品率和产量, 其年产能可以超过 2000 万片太阳能电池。

Pegaso 系统平台的突破性性能主要归功于将电池制造工艺的精度和控制性提升至更高水平的“智能化”专利技术。该系统立足于平面电动机技术的自适应硅片处理机制, 可在两条独立的轨道之间来回运送硅片, 从而优化硅片产量, 在系统维护期间可以实现生产线的连续运行。革命性的 Pegaso-XP™ 双印头包含一套高级的闭环测量系统, 能够在系统运行时根据实际情况针对每片硅片自动微调印刷参数, 从而实现接近微米级的精度和可重复性, 最大限度优化产出的太阳能电池性能。

Pegaso 平台采用了面向未来的可升级的模块化架构, 能够让客户迅速加装模块, 以提高芯片处理工艺能力。这可减少采用新开发的电池技术的时间, 并降低成本和风险, 譬如先进的背面接触和选择性发射极技术等。

Kyma 公司推出高掺杂的 n+ 型氮化镓体单晶衬底



美国 Kyma 公司新推出高掺杂 n+ 型氮化镓体单晶衬底, 尺寸为 10 mm x 10mm 和 18 mm x 18mm, 同时他们也正在研发直径 2 英寸和更大的氮化镓衬底。

Kyma 新研制的高掺杂 n+ 型氮化镓衬底的电阻率小于 0.02 欧姆厘米, 导电能力得到极大提高, 电阻率比其以前的 n 型氮化镓衬底低两个数量级。此外, Kyma 也成功开发了高掺杂 n+

型氮化镓衬底晶片, n 型载流子浓度达到了 $6 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$, 对应电阻率仅为 0.005 欧姆厘米。Kyma 公司此前的 n 型氮化镓产品仍然在出售, 为区别起见, 以后将其标记为 n- 型号。

Kyma 表示, 对于很多半导体材料和器件研究而言, 尽管 n- 型氮化镓仍可作为一种较好的初始生长材料, n+ 型氮化镓则更有优势, 特别是应用于垂直结构器件和降低器件接触电阻方面。在垂直功率电子器件方面, n+ 型氮化镓可获得超低的电阻, 同时也降低了寄生电阻。而在 LED 等光电子器件方面, n+ 型氮化镓可获得低的垂直电阻, 有效降低电流拥挤效应的发生。通过这些具有高电子浓度导电衬底的使用, 将会使功率电子器件和光电子器件的性能和使用寿命得到大幅度提高, 具有重大应用价值。

Kyma 公司是一家专门生产氮化镓和氮化铝晶体材料的公司, 这些材料在高性能的氮化物半导体器件方面具有广泛应用。从长期看, 氮化物半导体器件市场预计超过 900 亿美元, 其中在可见光领域的市场应用超过 600 亿美元, 在功率微电子器件方面的应用超过 300 亿美元, 市场前景广阔。

汉高 Loctite 3382 热水脱粘环氧树脂简化硅锭粘接

汉高公司 (Henkel) 推出了一款 Loctite 3382 产品, 旨在简化硅锭粘接、保护硅片不受损坏。Loctite 3382 产品可在切割过程中硅锭提高硅锭的粘接强度, 并可在热水中进行脱粘。这款新式的粘接解决方案有效地避免了设备所受到的腐蚀, 并且无需使用苛性气体。可用作硅片切割过程中的硅锭粘着剂。

新款粘接解决方案是一款水脱粘性环氧基树脂粘着剂, 为在硅锭切割过程中所使用的硅料和玻璃及金属支架衬底提供较强的粘结能力。由于这款分两步使用的环氧基树脂呈现粉色, 因此在目视检查阶段可轻易地将其与硅锭、金属与玻璃支架衬底等进行区分。同质、稳定的 Loctite 3382 产品设置时间仅为 5-7 小时, 并可提供较为同一的切割层, 降低了边缘损坏和硅片破损。这款环氧基树脂所具备的优秀的粘结强度意味着这款粘着剂将不会在切割阶段过早地出现脱粘现象, 保护了硅锭和硅片不出现破损状况。





NXP 引领 GaN 技术潮流

在 2011 年国际微波会议 (IMS2011) 上, 恩智浦半导体 NXP Semiconductors N.V. 展示了其下一代采用氮化镓技术 (GaN) 的产品。此次 GaN 演示包括: 50W 宽带放大器 CLF1G0530-50 (500-3000MHz)、2.1GHz 和 2.7GHz Doherty 基站功率放大器, 以及 100W 放大器 CLF1G2435-100 (2.5-3.5GHz)。恩智浦的 GaN 器件采用碳化硅基板, 提供更佳的射频和热性能。

恩智浦与联合单片半导体公司和弗劳恩霍夫应用固体物理研究所合作开发了高频率、高功率 GaN 工艺技术。GaN 技术具有高功率密度, 将可用于高功率广播领域, 该领域目前仍普遍采用固态真空管功率放大器。

当今几乎所有的基站功率放大器都局限于几种特定应用, 在这种背景下, 恩智浦最新的 GaN 工艺技术则为人们展现了一个可应用于多系统和多频率的 "通用发射机" 蓝图。这将极大地简化发射机生产和物流环节, 让运营商切换频段以即时满足基站的覆盖区域要求。

恩智浦目前是业界能同时提供 LDMOS 和 GaN 解决方案的最大半导体厂商, 其 GaN 产品面向最终客户的目标应用包括: 移动通信、宽带放大器、ISM、PMR、雷达、航空电子、射频光源、医疗、CATV、以及移动和广播用数字发射机。恩智浦 GaN 宽带功率放大器计划于 2011 年底投入量产。

Fujitsu 开发出全球首款覆盖 C-Ku 波段的 GaN HEMT 收发组件

日本富士通实验室 (FUJITSU LABORATORIES) 宣布其已经成功开发出世界第一个采用 GaN 高电子迁移率晶体管 (HEMT) 技术的收发 (T/R) 组件, 该组件输出 10W 的功率, 可以在 C 波段、X 波段及 Ku 波段 (C-Ku 波段) 工作, 频率覆盖 6-18GHz 的超宽范围。将去年开发的世界性能最好的 GaN 功率放大器和最新开发的 GaN 低噪声放大器 (LNA) 结合, 富士研究人员实现了这个高输出的紧凑型 T/R 组件。

这项技术可以把以前工作在不同波段的通信设备整合到单一组件上, 从而可以开发出更小更轻的雷达设备和无线通信系统。

GaN 通常被用作蓝色 LED 交通信号灯。与传统的半导体 Si 和 GaAs 材料相比, GaN 具有高饱和载流子速率和相对高的耐电压击穿性, 所以 GaN HEMT 晶体管有高输出功率和极好的工作效率等特点。

在当今网络社会, 各种无线设备迫切需要进一步扩展无线波段。例如飞机雷达常在 C 波段、X 波段、Ku 波段之间进行转换, 多个波段需要多个通信设备来匹配。而这种覆盖 C-Ku 全波段的 T/R 组件能够满足各波段的需求, 可以使系统更紧凑。



EDWARDS 推出针对太阳能层压机应用的 GXS 系列真空泵

Edwards 公司 (www.edwardsvacuum.com) 推出针对太阳能层压机应用而优化的 GXS 450 和 750 系列干式真空泵。新的 GXS 系列干式泵可实现更高的产能和生产效率, 同时拥有成本较低。

"GXS 系列泵融合了我们专有的螺杆技术和业界领先的高能驱动装置, 实现优秀的真空性能和低拥有成本," Edwards 战略市场经理 Mike Boger 说, "新产品抽气速率达 450 m³/h 和 750 m³/h, 经过优化实现了高产能太阳能层压机工艺所需的快速抽真空特性, 并且性能稳定, 维护低, 维护间隔时间长和温度控制先进, 这些优点使 GXS 系列成为了业界标准。"

客户还可选配增压泵组以进一步改善工艺室的抽真空时间, 减少层压周期时间闭路循环温度控制防止泵出现污垢; 泵运行功率低, 降低总体拥有成本。与所有 Edwards 干式泵一样, 无需机油, 节省了机油的成本, 以及更换机油时所需的停机时间、人工和处理费用。

GXS 泵的低运行功率有助减少运行成本和对环境的影响。同时, 紧凑的外形节省了制造车间的空间, 并使泵能够安装在离层压机更近的位置安装更简单, 运行更高效。泵噪音低, 震动小, 可安装在设备附近, 减少对制造工作环境的影响。





广告索引 Advertisers & Web Index

Advertiser	广告商名称	网址	页码
III/V Reclaim		www.35reclaim.com	20
Aixtron SE	德国爱思强股份有限公司	www.aixtron.com	IFC
Akzo Nobel		www.akzonobel.com/hpmo	15
Albemarle	北京通信美晶体技术有限公司	www.albemarle.com/puregrowth	BC
AXT Inc.		www.axt.com	9
EV Group		www.EVGroup.com	1
Evatec Ltd.		www.evatecnet.com	23
IQE plc		www.cn.iqep.com	6
Oxford Instruments Plasma Technology		www.oxford-instruments.com/plasma	27
Plasma-Therm LLC		www.plasmatherm.com	11
Xycarb Ceramics	塞博陶瓷有限公司中国分公司	www.xycarb.com	2

www.compoundsemiconductorchina.com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 (雅时国际通讯)
Unit B, 13/F, Por Yen Buiding,
No. 478 Castle Peak Road,
Cheung Sha Wan,
Kowloon, Hong Kong
Tel: 852-28386298

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

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 (麦协和)
markm@actintl.com.hk
Sales Director-Taiwan

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

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

销售人员 Sales Offices

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

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

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

Beijing (北京)
Oasis Guo (郭镜园)
Oasisg@actintl.com.hk
Tel: 86-10-58607751

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

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

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

US (美国)
Janice Jenkins
jjenkins@brunmedia.com
Tel: 724-929-3550
Tom Brun
tbrun@brunmedia.com
Tel: 724-539-2404

Europe (欧洲)
Robin Halder
robin.halder@angelbc.com
Tel: +44 (0)2476 718970
Shehzad Munshi
sm@angelbcl.co.uk
Tel: +44 (0)1923 690215
Jackie Cannon
Jackie.cannon@angelbc.com
Tel: +44 (0) 1923 690205



化合物半导体

CS COMPOUND SEMICONDUCTOR CHINA

最新推出电子书(eMagazine)

www.compoundsemiconductorchina.com



[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.19-31 P.33-37 | 推荐朋友 Refer a friend | 免费赠阅 Subscribe

◀ 🔍 + ▶ ACT

化合物半导体
COMPOUND SEMICONDUCTOR CHINA

2011年10月

中国的LED产能
IMS Research分析中国的LED产能何时成为世界第一?

大功率垂直LED
应用范围 是国际的键合了工艺

光明技术 • 更光明的未来

Albemarle推出针对MOCVD应用的电子级MO源



更光明的未来是因为其永续性、更高的能效和更低的能耗——未来得益于不断增加的LED和太阳能电池的使用。Albemarle的理念是未来始于今天。作为超过50年历史的金属有机物生产商，Albemarle 在化学专业和应用领域已经建立了良好的声誉。

现在，随着PureGrowth™产品的发布，我们为业界带来了同样高质量和性能水平的产品，以扩展LED和化合物半导体市场。

更多信息请访问 www.albemarle.com/puregrowth 下载我们的产品手册。

PUREgrowth™
by Albemarle®

ALBEMARLE®

电子材料

美洲 +1 225 388 7402 | 欧洲 / 非洲 +32 10 48 1711 | 中东 / 印度 +971 4 701 7770 | 亚太 +86 21 6103 8666