

化合物半导体

COMPOUND · SEMICONDUCTOR CHINA

2012年11月

GaAs行业

2011-2015年GaAs器件的销售
收入将以6%的复合年增长率持
续攀升

LED市场

带嵌入式RF无线控制模块的灯
泡将会照亮2013年市场

AlGaIn/GaN HEMT

在200mm硅衬底上以无金兼容
CMOS的方式加工AlGaIn/GaN
高电子迁移率晶体管

SiC和GaN

宽禁带器件取代硅基器件已成
为一种潮流,未来功率器件SiC
和GaN谁将笑傲江湖?

光伏芯片

利用外延迁移技术实现GaAs基
超薄电池芯片全晶圆规模生产

绿光II-VI族激光器

一种新型材料体系能够输出波
长为536nm的大功率连续激光

InGaAs纳米线晶体管

在竖直方向上工作的新型晶体
管性能超越了典型的MOSFET



延长电池续航时间

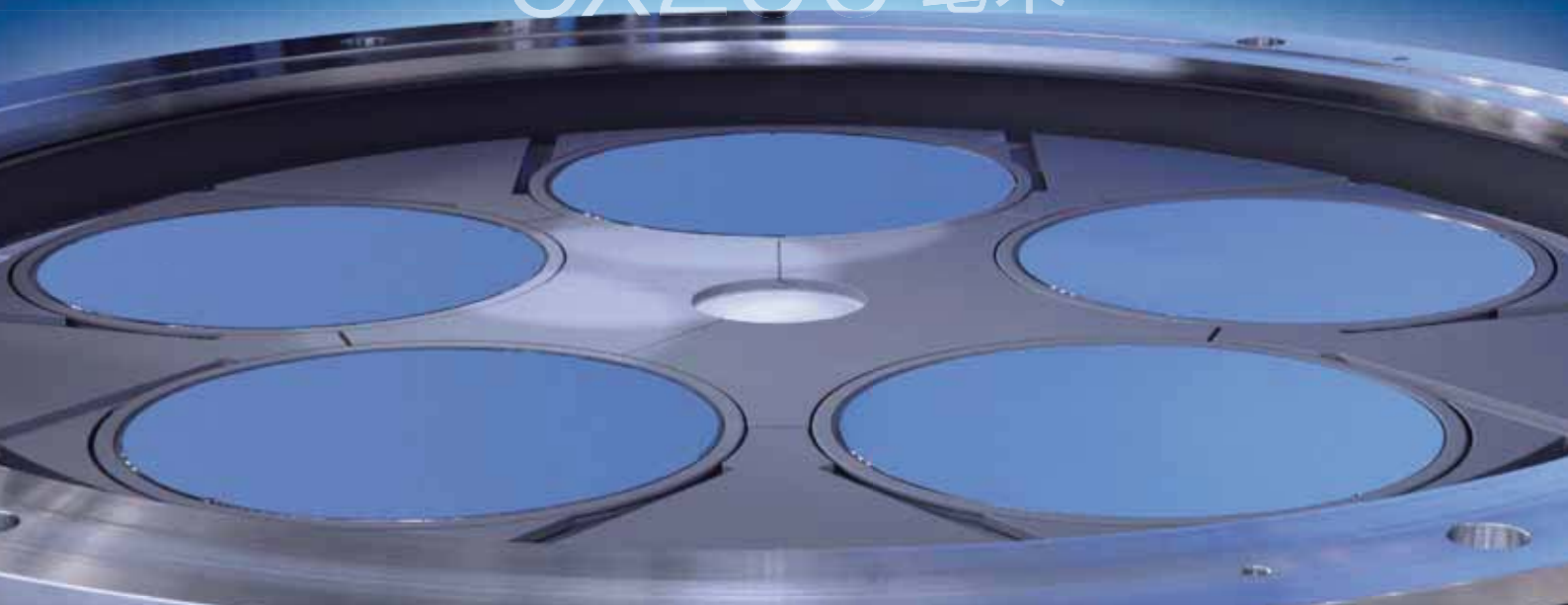
开发高线性度高效前端系统
充分利用电池有限的电能储量

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

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客制解决方案，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

CSindustry awards2013

2013 CS产业奖将表彰整体化合物半导体产业价值链的成功与发展，范围涵盖从研究到成品各个环节，并将聚焦于驱动产业向前迈进的制程与产品。

该奖项将提醒我们，何者对产业有益—藉由其技术专长和客户导向的观点来驱动产业的人们。

从电视的背光到移动装置的智能化及太阳能的利用，化合物半导体芯片在现代生活中发挥越来越重要的作用，但谁有最大的突破？

来自世界各地哪些领导厂商为化合物半导体产业创造了最好的机会？

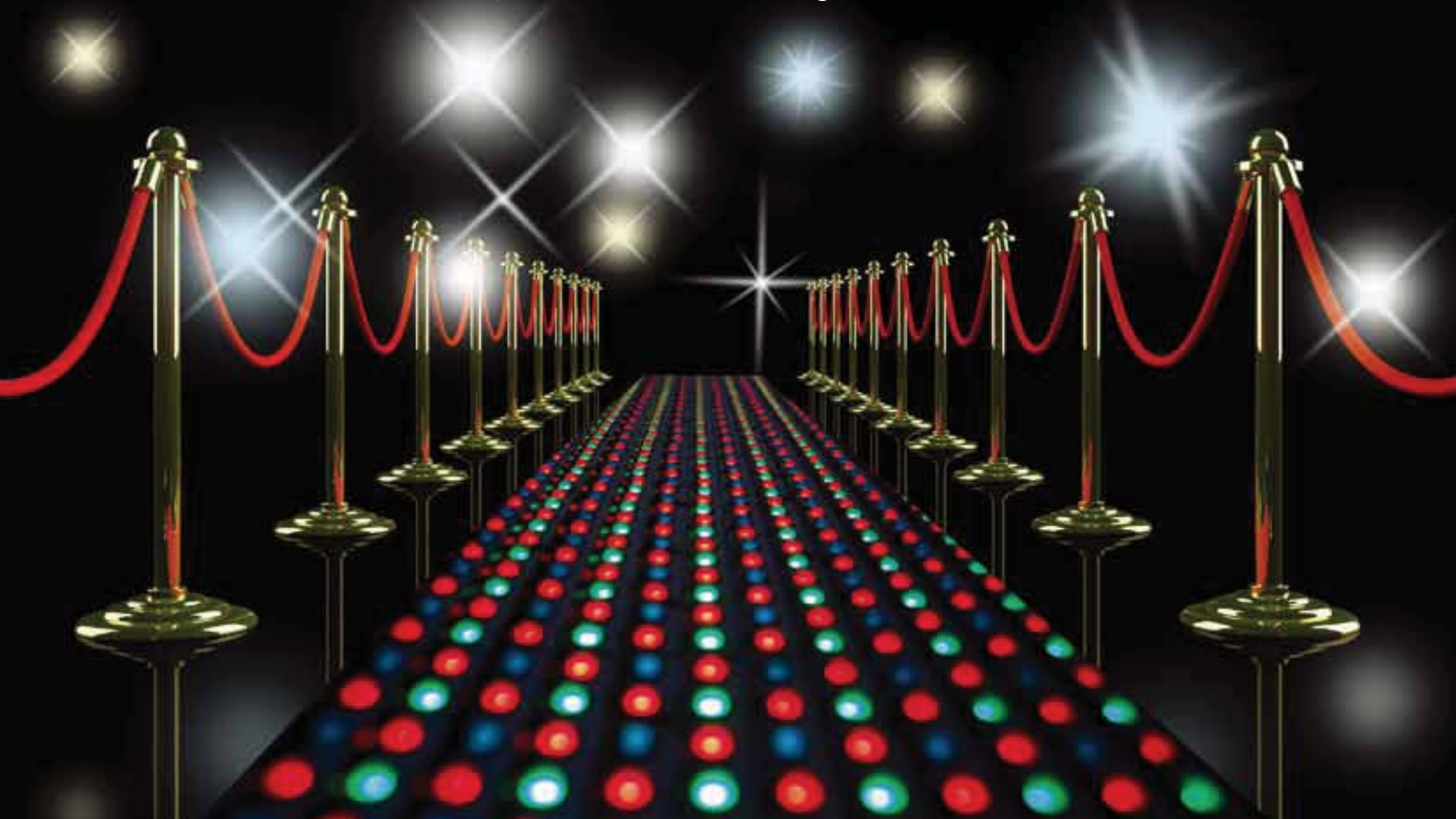
欲简易地完成您的提名，请造访 www.csawards.net

提名时间将于2012年11月15日截止

进一步信息，请联系：

Jackie Cannon

E: jackie.cannon@angelbc.com



封面故事 Cover Story

18 延长电池续航时间
Boosting battery life

我们正处在一场连接与移动技术革命之中。对于当今最先进手机的设计人员来说，他们面临的难题同样是其前辈们曾经苦于应付的，就是要想方设法地延长电池两次充电之间的间隔时间。现在，为了赢得成功，这些设计人员必须构建能够提供高线性度的高效前端系统，而这种高线性度是那些采用复杂编码方案运作的数字网络所需要的。手持式智能设备销量的飙升带来了高速数据连接业务量的大幅增长，对这些挑战起到了推波助澜的作用。为了与数据需求量的这种直线上升保持同步，智能型设备与网络正在逐步地向更宽的频率范围、更宽的信号带宽及更高的数据速率迁移。该发展动向刺激了射频前端行业的创新活动，工程师们都在积极开发新型设计方案，旨在充分利用电池有限的电能储量。

- Chris Novak；美国RFMD公司3G/4G解决方案总经理

技术 Technology

22 在200mm硅衬底上以无金兼容CMOS的方式加工AlGaIn/GaN高电子迁移率晶体管
Au-free CMOS-compatible AlGaIn/GaN HEMT processing on 200mm Si substrates

GaN HEMT (氮化镓高电子迁移率晶体管) 技术作为下一代功率器件基础的潜力已得到证实。GaN HEMT 技术的一个优势是与可比技术相较具有更高的转换速度，但是GaN HEMT 的制造成本仍然高昂，因此降低器件成本成为重要的研发课题。Imec 完成了在 200 mm硅衬底上制备 GaN 外延层的工作，其展示的工艺流程揭示出我们有可能仅通过CMOS制造标准设备，就能够在高生产率的 200mm CMOS 生产过程中制造出 GaN HEMT。

- Brice De Jaeger, Marleen Van Hove, Stefaan Decoutere; Imec

25 下一代功率器件：SiC和GaN谁将笑傲江湖？
SiC and GaN electronics: Where, when and how big?

宽禁带电子器件取代硅基电子器件已经成为一种潮流，硅基器件未来对于功率器件市场的掌控力将会面临的越来越大的压力。这一压力来自于两种宽禁带器件，一种是SiC材料，其在功率器件中的应用已超过30年。另一种是GaN材料，这一材料近来一直受投资机构的热捧，基于这种材料的蓝光及白光LED在高端消费领域已经获得广泛应用。由于其在电压和温度性能方面相对GaAs具有压倒性的优势，其已经被用来制作射频功率放大器。由于GaN材料体系具有诸如能够在标准硅基板上生长外延层和制备低损耗的器件等明显优势和特点，其器件成本将会远远低于SiC材料体系。

- Richard Eden, IHS IMS Research

29 欧洲正致力将氮化物HEMT器件提高到一个新的水平
European efforts propel nitride devices to a new level

为了提升HEMT器件性能而进行的尝试和试验需要引入新型的、性能优越的材料组合，以提升氮化物器件的电学性能，先前传统采用的是GaN和AlGaIn材料的配对组合。新引入的InAlN材料将会取代先前使用的AlGaIn材料以减小应力、来提高器件的输出功率和其在高温下的工作性能。

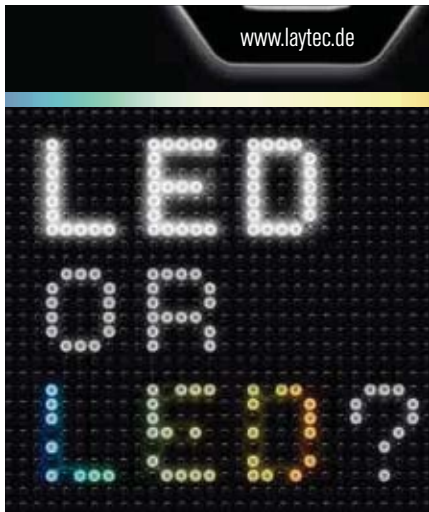
首个在自支撑金刚石衬底上生长的GaN的HEMT器件、采用不同设计的GaN压力传感器、高性能的化学传感器，以及可以提供几百瓦功率的放大器，是欧洲在MORGaN项目诸多研究成果中的部分代表。本文在此详细披露该项目的许多进展情况。

- Sylvain Delage, III-V Lab

35 突破光伏芯片的限制
Lifting limitations in photovoltaics

传统的三结光伏电池芯片的性能因电池脆性、刚性及低效率而存在一些问题。长期以来，多结太阳能电池的开发者们一直致力于在电池中掺入新物质，以求提高电池效率，改善性能。然而，其他途径同样可以使产品更具吸引力。MicroLink Devices公司利用外延迁移技术(epitaxial lift-off technique)，实现了GaAs基的超薄电池芯片的全晶圆、规模化生产，成功解决了上述问题，可以让高效率太阳能电池的性能在上述方面都有所改进。如今，他们成功制造出了可包含1-3个电池的超轻光伏芯片。

- Richard Stevenson

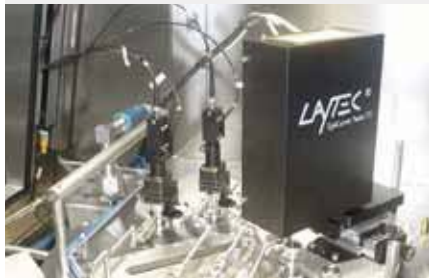


实时了解晶圆的成长状况

在 LED前段制程的成本中，MOCVD 制程的费用共占了35%。在先进的晶圆制程控制，实时监控量测是一重要影响关键指标，可以帮助提升良率，并能大大减少LED整体生产成本。

缩小晶圆制程中的变异！优化生产良率可以透过：

- 即时存取 MOCVD晶圆制程资料
- 透过LayTec可轻松定义出黄金制程样本
- 尽可能及早发现LED制程中的缺陷



总结是：

- 增加的制造生产的稳定性，
- 严格的再现性和
- 降低运营成本。

了解长期使用LayTec实时监控量测系统为我们带来的好处！期盼在SSL China, 1B42摊位上与你们相会

LayTec AG
Berlin, Germany
Email: info@laytec.de
www.laytec.de

LayTec中国的代理商
佳霖电子上海有限公司
联系人: 張寶曜
邮箱: boris@challentech.com.cn





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]

市场 Market

14 改变 GaAs行业的格局
Shifting landscapes in the GaAs industry
- Richard Stevenson

17 带嵌入式RF无线控制模块的灯泡将会照亮2013年的市场
RF-embedded light bulbs lighting market in 2013
- Phillip Maddocks, Market Analyst, Connectivity, IHS IMS Research

科技前沿 Research Review

38 绿光II-VI族激光器输出功率大幅提高
Output power rockets for green II-VI lasers

39 强大的量子级联激光器延伸至更短波长
Powerful QCLs stretch to shorter wavelengths

40 对LED效率降低的一种无懈可击的解释?
A watertight explanation for LED droop?

41 InGaAs纳米线晶体管超越硅
InGaAs nanowire transistors outstrip silicon

42 紫色VCSEL准备行动了吗?
Violet VCSELs poised for action?

43 美国研究人员开发出世界上最小的激光器
US researchers claim world's smallest laser

6 编者话 Editorial

7 产业要闻 Industry News

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》中文版(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

SiC 和 GaN 谁将更胜一筹？

硅基器件未来对于功率器件市场的掌控力将会面临的越来越大的压力。这一压力来自于两种宽禁带器件，一种是 SiC 材料，其在功率器件中的应用已超过 30 年。另一种是 GaN 材料，这一材料近来一直受投资机构的热捧，基于这种材料的蓝光及白光 LED 在高端消费领域已经获得广泛应用。首只 SiC 功率器件是诞生于 2001 年的 SiC 肖特基二极管。当时 SiC 材料被寄予厚望，人们希望它能够迅速成为制造高效率的功率器件的半导体材料。然而受 SiC 基底制备的高难度所限，SiC 材料体系没能够迅速成长起来。作为其竞争对手的 GaN 材料，则由于具有极高的性价比，已经毫无争议的成为目前表现最优异的半导体材料。由于 GaN 在电压和温度性能方面相对 GaAs 具有压倒性的优势，已经被用来制作射频功率放大器。由于 GaN 材料体系具有诸如能够在标准硅基板上生长外延层和制备低损耗的器件等明显优势和特点，其器件成本将会远远低于 SiC 材料体系。

对于 SiC 和 GaN 器件来说，它们的大规模应用具有相同的阻碍。要想取得较大的发展，它们的价格就必须降低到与硅基超级结场效应管 (MOSFET) 和硅基高压绝缘栅双极晶体管 (IGBT) 接近的价格水平。人们寄希望于通过在大尺寸衬底上生长及提升材料质量等手段来实现这一可预期的目标。

其他对于 SiC 和 GaN 器件快速发展具有决定性作用的因素还包括：验证 SiC 和 GaN 晶体管和功率模块的长期使用可靠性所需要花费的时间，尤其是在需要长寿命材料的工业领域以及关乎健康和安全的应用领域；高质量的 SiC 材料和硅基 GaN 外延材料随着时间变化竞争力增加的情况；政府机构是否会在功率器件的节能效率方面立法或制定相关政策。供应 SiC 和 GaN 器件产品的功率半导体制造商数量的增加，所带来市场竞争力的提升同样也会驱动宽禁带器件不断拓宽市场应用领域，尤其是在高端应用领域更为明显。SiC 器件产品可以进军需要高工作电压 (1700V、2.5kV、3.3kV、4.5kV 及更高) 的高端应用领域，而 GaN 二极管和晶体管等产品可以做到工作电压 1200V 及以上的应用领域。

宽禁带电子器件取代硅基电子器件已经成为一种潮流，在电源、风力发电机、太阳能系统、混合动力电动汽车、电车、火车和工业机械等方面，宽禁带电子器件都展现出了良好的器件性能及应用前景。关于 SiC 和 GaN 器件的未来发展，本期第 25 页 IHS IMS Research 公司 Richard Eden 的文章“下一代功率器件：SiC 和 GaN 谁将笑傲江湖？”对于宽禁带电子器件在各行业领域的应用前景及发展瓶颈进行了深入的研究，给出了详尽的描述。

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



2020 年 LED 照明全球市场占有率或超六成

一份题为“全球通用照明领域灯泡及其灯具市场预测”的报告，对截止 2020 年前的全球灯泡市场按照区域、应用、技术、形态和瓦数进行了分析。

报告中指出，LED 功效与品质不断提高，2016 年，LED 功效普遍超出 200lm/W。届时，导光管、远端萤光粉和液体冷却技术继续进步，说明人们获得制造 LED 灯的新方法，未来将创造出更有竞争力的照明产品。更为重要的是，LED 照明将不限于普通照明市场，还将渗透到当前由其他技术主导的和照明有关联的市场。

LED 在某些应用中的快速启用因其寿命长而将对中期的全球灯泡市场产生深刻影响。2015 年，全球灯泡市场增长率放缓，2016 年开始逐年下降，2020 年全球灯泡市场营收或为 240 亿美元，回落至 2011 年至 2012 年间营收水准，不过 LED 灯泡的比例将大幅提升至 66%。

应用材料公司与上海集成电路研发中心签署战略合作备忘录

全球领先的半导体创新设备、服务和软件供应商应用材料公司于 10 月 23 日在“第十届中国国际半导体博览会暨高峰论坛 (IC China 2012)”上宣布与上海集成电路研发中心共同签署战略合作备忘录，以进一步加强发展上海集成电路研发中心的 12 英寸芯片制造研发平台，持续支持中国集成电路产业技术创新能力的提升。

上海集成电路研发中心是中国唯一的国家级集成电路研发中心，旨在为国内半导体企业和研究机构提供高水平的公共研发服务。应用材料公司与上海集成电路研发中心于 2004 年开始合作建成了国内最先进的 8 英寸芯片制造铜后道工艺公共研发平台，为上海和国内的集成电路企业提供了大量的技术研发服务。

应用材料公司于 1984 年进入中国，是首家在中国开设技术服务中心的半导体设备公司。一直以来，应用材料公司始终致力于携手中国半导体产业客户和合作伙伴，强化和深耕技术，提升整个行业的技术和发展实力。

爱思强在苏州举办 LED 生产设备研讨会

爱思强公司在其苏州培训及演示中心顺利举办 LED 生产设备 MOCVD 技术研讨会，与会人数超过 200 人 (主要是制造领域的客户)。此次研讨会由国家半导体照明工程研发及产业联盟协办，是爱思强与苏州纳米技术与纳米仿生研究所合作框架下的首轮活动。

研讨会从金属有机化学气相沉积 (MOCVD) 的基本原理到最新突破性的技术和解决方案，对 LED 固态照明应用领域进行了广泛而深入的剖析。

研讨会上，与会人员聆听了爱思强专家的多个演讲，以及苏州纳米所的最新研究成果报告。部分内容取材于爱思强的客户培训资料，所以此次研讨会是体验爱思强培训课程和培训方法的好机会。爱思强在长江三角洲苏州工业园区定期举办有关最新半导体技术和制造工艺的培训，致力培养中国未来的 MOCVD 专家。

欧司朗光电半导体推出直接发光绿色激光二极管

欧司朗光电半导体推出其首个直接发光绿色二极管激光器。新推出的两款紧凑型激光二极管的光输出功率分别为 30mW 和 50mW，光束质量特别高，代表着智能手机、相机等移动设备专用微型投影仪的发展历程中的一个新里程碑。激光演示、点式激光器和线性激光器的投影单元同样从这项新技术中受益匪浅。

直接发光绿色二极管激光器是通往微型投影仪的重要一步。它的面世意味着，过往需通过加倍扩大红外激光器的频率来产生绿光的传统方式已经成为历史。此外，这项新技术还可以实现较高的显色性和出色的对比度。新款 PL 520 激光二极管的波长为 515 - 530nm，它可以精确地产生投影应用所需的绿光。它的光输出功率为 50mW，目前的典型效率为 5% 至 6%。PL 520 的第二个版本在 510 - 530nm 的波长范围内提供 30mW 的输出功率。这两款激光器的光束质量非常高，由于发散角度小，它的光束极窄，仅有轻微的扩散。由于封装直径仅有 3.8mm，因此这两款激光二极管使得投影单元的尺寸大大缩小。

随着首次推出直接发光绿色激光二极管，欧司朗光电半导体巩固了其在氮化镓激光器领域的领导地位。绿光激光器是德国联邦教育和研究部资助的“MOLAS 项目”的研究成果之一，在 2010 年，凭借对绿光激光器开发方面的贡献，欧司朗光电半导体的研究人员被授予了 Karl-Heinz-Beckurts 奖。

CS International Conference

Incorporating CS Europe

www.cs-international.net

2013年3月4-5日 德国法兰克福机场喜来登酒店

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
战略技术实践总监
GaAs 微电子制造的未来



Markus Behet 博士, 道康宁公司
功率电子解决方案全球市场部经理
功率电子应用的大直径SiC和GaN/Si衬底



Bryan Bothwell, TriQuint Semiconductor
战略和业务发展部经理
最大限度地利用氮化镓产品解决方案和
代工服务实现先进RF设计



Michelle Bourke, Oxford Instruments
资深产品经理
各种沉积技术及其在化合物半导体器件中的利用



SAFC
TBC 介绍



Daniel Cline, Lux Research Inc
高级分析师
WBG器件的电网机会



Simon Fafard 博士, Cyrium Technologies Inc
首席技术官
新型太阳能电池技术



Marlanne Germain, EpiGaN 公司
首席执行官, EpiGaN 共同创办人
针对功率电子和射频电子的GaN外延片: 开发到生产



Malcolm Harrower, Indium 公司
欧洲销售经理
化合物半导体的关键构成元素 - In, Ga, Ge



Schang-jing Hon 博士, Epistar公司
助理副总裁
针对一般照明应用的高电压LED技术



Allan Jaunzens, Evatec
市场营销经理
TBC介绍



Rainer Krause 博士, Soitec公司
智能电池孵化器部总监
PV芯片开发



Michael Lebby 博士, Translucent Inc
总经理兼首席技术官
在大尺寸Si晶圆上采用GaN, GeSn和稀土氧化物制作
功率电子, 太阳能和照明器件的挑战和机会

所有演讲人和介绍均可能随时变更
能随时变更

白金赞助商



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日在德国法兰克福喜来登举行的第三届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。

- 

Noriyuki Matsubara, 松下欧洲
干式蚀刻和光刻工程
针对III-V器件的干式蚀刻技术
- 

Gunnar Stolze, Oclaro Inc
工业和消费全球销售副总裁
高功率激光器
- 

AJ Nadler, RF Micro Devices (RFMD)
研发和工程总经理
高压功率电子器件用GaN
- 

Thomas Uhrmann 博士, EV Group
业务发展经理
化合物半导体器件的晶圆级封装
- 

Pars Mukish, Yole Développement
市场和技术分析师
LED产业新趋势：聚焦中国和GaN-on-Si LED
- 

Gregg Wallace, Temescal
常务董事
基本电子束涂布收集效率和改进方法
- 

Philippe Roussel 博士, Yole Développement
业务部经理
功率电子中GaN与SiC的对比-现状和到2020年的发展蓝图
- 

Tao Wang 教授, Seren Photonics
科学顾问
改善LED性能
- 

Vijit Sabnis 博士, Solar Junction
技术副总裁
真正的高效率三结太阳能电池
- 

Tudor Williams 博士, Mesuro Ltd
资深系统工程师
改善RF测量
- 

Frank Schulte 博士, Aixtron
副总裁
(MO)CVD 实现移动性和能源效率
- 

YiFeng Wu 博士, Transphorm
产品开发副总裁
高压 GaN 功率电子器件现状
- 

Ertugrul Sönmez 博士, MicroGaN
业务发展总监
应对新兴的电力市场
- 

Erwin Ysewijn, Azzurro
销售与市场营销副总裁
GaN-on-Si, 大尺寸的高压晶片显示出优越的电气性能和量产记录
- 

Elisabeth Steimetz 博士, LayTec AG
市场营销和销售总监
现场监控 - MOCVD生产工艺控制和良率提升的关键

请访问网站 www.cs-international.net 获取进一步信息
或在 www.cs-international.net/registration 注册



科锐推出 150 毫米 4H N 型碳化硅外延片

科锐公司推出高品质、低微管的 150 毫米 4H N 型碳化硅外延片。科锐通过推出更大直径的外延片，从而继续引领碳化硅材料市场的发展。此项最新技术能够降低设备成本，并能够利用现有 150 毫米设备工艺线。新型 150 毫米外延片拥有高度均一的厚度为 100 微米的外延层。150 毫米单晶碳化硅衬底能够帮助降低成本、提高产量，同时带动碳化硅产业的持续增长。

科锐材料产品经理 Vijay Balakrishna 博士表示：“科锐拥有在碳化硅领域 100 毫米外延片的强大量产能力。最新的 150 毫米技术将进一步提升碳化硅晶圆片的标准。科锐的垂直整合能力确保能够为客户提供针对高品质 150 毫米碳化硅外延片的完整解决方案，并为电力电子市场的领先企业提供稳定的供货保障。”

英飞凌成功推出第五代 thinQ!™ SiC 肖特基势垒二极管

英飞凌宣布推出第五代 650V thinQ!™ SiC 肖特基势垒二极管，壮大其 SiC 产品阵容。

英飞凌荣获专利的扩散焊接工艺早已应用于第三代产品，如今又成功地与更紧凑的全新设计和最新的薄晶圆技术有机结合在一起，改进了热特性，并使一个优值系数 ($Q_c \times V_f$) 与英飞凌前代 SiC 二极管相比降低了大约 30%。其结果是，新一代产品相对于英飞凌以往各代 thinQ!™ 产品，PFC 升压级在所有负载条件下的效率都得到了进一步的提升。英飞凌第五代产品的目标应用是高端服务器和电信的开关模式电源、PC 银盒和照明应用、太阳能逆变器和 UPS 系统等。通过利用新一代器件，这些应用不但可以提高能效，而且还可以降低电磁干扰，提高系统可靠性，以及缩减成本 / 尺寸——因制冷要求降低。

新一代器件具备更高的击穿电压：650V(第二代和第三代为 600V)，完美匹配最新的 CoolMOS™ 技术。对于太阳能逆变器等应用以及具有挑战性的开关模式电源环境而言，这种特性可实现更高的安全裕度。

NanoCalc 薄膜检测系统

海洋光学公司的新款预配置 NanoCalc 系统利用了光谱反射测量技术，面向半导体、医疗和工业环境领域的客户及新型应用，实现光学薄膜厚度的精确检测。

NanoCalc 系统适用于多种波长、多种采样方式以及光学厚度 (1.0nm-250μm) 要求。用户可以在 4 种标准型号中 (涵盖 ~200-1700nm) 做出选择，并且将它们与软件、反射探头、光纤和各种附件整合到一起。对于可见光谱 (400-850nm) 或者紫外可见光谱 (250-1050nm) 的应用，用户可以通过选择预配置的系统，使操作更加便利。这个预配置的系统包括 NanoCalc，反射探头、样品台、标准台阶膜厚 Si-SiO₂ 晶片以及可以分析 10 层薄膜的软件。

为了满足要求更高的应用环境，NanoCalc 系统可以与大量的扩展软件、光纤以及诸如扫描平台、显微镜和微光斑聚焦装置等测量附件一同使用。

NanoCalc 系统可以对深紫外到近红外的应用环境提供多种薄膜的反射测量方案，在减反射硬质涂层、太阳能电池板上的非晶硅、OLED 显示面板、光刻胶等膜厚测量领域，NanoCalc 系统将发挥尤为重要的作用。

TriQuint 与 Richardson RFPD 合作提供创新氮化镓产品

TriQuint 半导体公司和 Richardson RFPD 公司共同宣布，Richardson RFPD 新建立的氮化镓技术中心 (Tech Hub) 展示了 TriQuint 业内领先的广泛氮化镓产品系列——包括放大器、晶体管和开关。TriQuint GaN 解决方案可提高射频效率、降低总成本和增强系统坚固性。

TriQuint 自 1999 年起一直是氮化镓研发领域的先驱者，并在 2008 年推出首批商业产品和发布了氮化镓的代工。TriQuint 通过广泛的氮化镓产品系列，和其出色的高频 0.25 微米碳化硅衬底氮化镓 (GaN on SiC) 代工服务，继续保持其在高功率射频半导体领域的领先地位。凭借其安全可靠的美国工厂在集成和封装单个与多个晶粒方面的独特能力的支持，TriQuint 致力于提供世界级、从直流到 18GHz 的氮化镓产品创新，包括分立晶体管、MMIC 及封装式解决方案。

通过 Richardson RFPD 提供的 TriQuint 氮化镓产品包括放大器、晶体管和开关。TriQuint 的氮化镓产品提供无可比拟的 HPA 性能；这些产品具有高功率密度、卓越的增益和效率等特点。另外它们还具有稳健的工作、长脉冲能力以及高工作电压的特点，从而帮助减小系统电流。TriQuint 的氮化镓产品提供 55W 至 3.5GHz、40W 至 6GHz、20W 至 12GHz 和 10W 至 18GHz 的功率，可满足高功率要求。

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 50-150mm
InP 50-100mm
Ge 50-150mm

北京通美晶体技术有限公司
Beijing Tongmei Xtal Technology Co., Ltd.

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

中微公司发布新一代等离子刻蚀设备

中微半导体设备（上海）有限公司发布新一代刻蚀设备产品，包括中微公司研发部门开发成功的两款新一代刻蚀设备。

新设备中的第一款是 Primo SSC AD-RIE 单反应器甚高频去耦合反应离子介质刻蚀机，可应用于最先进的存储芯片和逻辑芯片的加工生产，包括 2x 纳米及 1x 纳米代高深宽比接触孔刻蚀、沟槽及接触孔刻蚀、串行刻蚀（在单反应器中实现多步操作）。Primo SSC AD-RIE 拥有独特的创新设计，能够在工艺控制方面实现前所未有的灵活性，并能帮助芯片生产商在确保芯片加工质量的同时达到更高的产出效率。

另一款是 12 英寸硅通孔刻蚀设备 Primo TSV300E[®]，拓展了原有的 8 英寸硅刻蚀产品 Primo TSV200E[®] 的能力，可用于多种硅深孔及深槽刻蚀。中微公司的 8 英寸硅通孔刻蚀设备 Primo TSV200E[®] 获得业界广泛认可，已被亚洲众多客户用于先进系统封装、2.5D 封装和 MEMS 系统芯片的生产。中微第一台 Primo TSV300E[®] 设备已在国内领先的晶圆封装厂运转。

这两种设备强化了中微公司产品布局，为全球芯片生产商应对半导体工艺的挑战提供了更多、更新、更好的解决方案。

Solar Junction 公司实现 44% 的电池效率

Solar Junction 是面向聚光光伏市场的高效率多接面太阳能电池开发商，其旗下一款即将投入商业生产的太阳能电池的能源效率创造了世界纪录。当日照强度为 947 时，该电池的功率转换效率为 44%，打破了该公司 2011 年 4 月创造的日照强度 418 时 43.5% 的纪录。两项纪录均通过国家可再生能源实验室 (NREL) 认证。

Solar Junction 的新纪录再次证明了其 A-SLAM[™] 材料的价值，该材料为聚光光伏系统制造商提供最高效的太阳能光电转换奠定了基础。聚光光伏面板通过将日光聚集到 Solar Junction 生产的小型多接面电池上发挥作用。

今年早些时候，Solar Junction 和全球领先的外延片供应商 IQE 签署了一份投资与制造协议，将 Solar Junction 市场领先的 SJ3[™] 太阳能电池产品投入大批量生产。

此外，在美国能源部 SUNPATH 合同的资助下，Solar Junction 在硅谷的 6 英寸产品制造厂投入试运行，2013 年第一季度开始交货。

肖特与 MORITEX 推出 LED 照明产品系列 CompaVis[™]

总部位于德国的技术集团肖特和来自日本的机器视觉专家 MORITEX 隆重推出用于图像处理的新品牌 CompaVis[™] LED 照明产品系列，包括 40 款不同型号和颜色的产品，共 6 大系列：直接环状照明、低角度环状照明、无阴影照明、条形照明、模拟同轴照明、直接背光。该系列产品是专为中国市场量身打造的，产品质量卓越、操作简单，并且价格非常具有市场竞争力。

新型 CompaVis[™] LED 照明系列配有由肖特和 MORITEX 制造的机器视觉镜头，具有卓越的图像处理性能。在目前起步阶段，CompaVis[™] 产品包括多项照明解决方案，在不久的将来，CompaVis[™] 将发展成为完整的机器视觉系列解决方案。

肖特中国照明与影像事业部销售总监宋纲纲表示：“光源和镜头是机器视觉实现优异处理性能的关键。市场上有很多厂家分别生产光源或者镜头，而我们在光源和镜头两方面都拥有专业技术，我们的优势是在设计时将二者合而为一，配合使用，实现卓越的图像处理性能，这是其他厂家不具备的。我们的目标是为客户提供涵盖精密机器视觉组件和模块的全方位产品系列和解决方案。”

BluGlass 采用全新 RPCVD 技术生长氮化镓薄膜

澳大利亚 BluGlass 公司在采用 RPCVD 技术对氮化镓薄膜的生成过程中，经验证其杂质的低含量已经能与在 MOCVD 的生产状态相比较。该公司在采用 RPCVD 技术制作氮化镓薄膜的纯度已完全符合当前行业内的要求，RPCVD 技术全称为远程等离子体化学气相沉积技术。

利用 RPCVD 技术生成氮化镓薄膜时，其碳、氢和氧的杂质含量得到了一定的控制，并始终处于一个低范围区间内。

此次氮化镓的杂质残留分析是由埃文思分析集团所完成的，埃文思是一家全球独立性的材料特性描述公司，分析方法是业界常规的二次离子质谱法。埃文思分析机构在对 BluGlass 公司的 RPCVD 氮化镓制造技术分析之后，其结论是每立方厘米内的碳、氢和氧原子个数小于 1×10^{17} 这一数值。这一结果充分肯定了 BluGlass 公司在利用该技术下生成氮化镓薄膜的技术已经成型，并且与行业现如今普遍采用的 MOCVD 技术具有等效的电子性质。这一目标的实现也为该公司树立了一座新的里程碑。



HexaTech 与 Tokuyama 联合打造 UV-C LED 技术

HexaTech 与 Tokuyama 宣布,通过两家公司的共同研发合作实现了对 UV-C LED 功率与功效的显著提升,这些氮化铝 LED 产品适用于水体以及表面消毒。对于将 UV-C 波段引入到杀菌设备的 LED 技术而言,必须解决大功率、高效能以及使用寿命的主要技术瓶颈。

HexaTech 与 Tokuyama 经过研究实现了超常的输出功率与内量子效率 (internal quantum efficiency) 上的改善,这使得原有的技术又上升到了一个新的高度,此外 UV-C LED 技术也被认为是未来在商业利用上效果十分看好。

最新的产品采用了 HexaTech 公司基于 Tokuyama 公司的氢化物气相外延设备进行的低位错密度氮化铝技术。Tokuyama 公司也实现了在 265nm 产生 25mW 输出功率的 UV-C LED 设备,而其内部量子功率也突破了 70%。

Intematix 公司发布最新 Ruby 系列荧光粉

Intematix 公司新发布的红色氮化荧光粉缩小了 LED 的实际照明与色谱图的理论差距,经实验分析,新产品十分适用于普通照明以及 LCD 光显示技术。据该公司透露,此次发布的 Ruby 系列红色氮化荧光粉能实现特殊功效,色彩重现和提高大功率 LED 元器件的可靠性能。

新产品是基于 Intematix 公司在美国所获得的第 8、274 及 215 号专利。Intematix 公司首席技术官 Yi-Qun Li 表示,公司通过近十年的研究探索,新产品再一次打破了 LED 核心应用领域的湿度稳定性和量子效率记录。红光氮化技术能确保用户看到更为稳定和使用寿命更长的 LED 产品,这一系列的产品也将适用于 LED 领域内的所有照明应用。另外,Intematix 公司相信在结合红光氮化技术与 GAL 荧光粉技术之后,能使颜色的现实能力提高到 98CRI,而其功效也为 100 lm/W。

安森美半导体加入 imec 的硅基氮化镓研究项目

安森美半导体于 10 月加入了领先纳米电子研究中心 imec 的多合作伙伴业界研究及开发项目,共同开发下一代硅基氮化镓 (GaN-on-Si) 功率器件。

imec 的广泛规模研究项目着重于开发 200mm 晶圆上的硅基氮化镓技术,及降低氮化镓器件成本和提升性能。Imec 联合汇聚领先集成器件制造商、晶圆代工厂、化合物半导体公司、设备供应商及衬底供应商,已经卓有成效地取得重大技术进步。2011 年,imec 的研究项目成功地生产出 200 mm 硅基氮化镓晶圆,该工艺让标准高生产率 200 mm 晶圆厂随手可得。此外,imec 开发了兼容于标准 CMOS 工艺及工具的制造工艺,这是高性价比工艺的第二个先决条件。

Azzurro 联合 Epistar 成功实现硅基氮化镓 150mm

Azzurro 公司与 Epistar 公司共同宣布,在结合了 Epistar 公司高亮 LED 架构和 Azzurro 硅基氮化镓 150mm 专利技术之后,终于实现了对硅基氮化镓 LED 技术上的突破。

在使用了模版与应用工程之后,运用 Azzurro 技术能使得 LED 外延工程师非常快速地将 LED 的组织架构转换至硅基氮化镓平台,而该公司的专利及专有的缓冲压力管理技术,能对 LED 外延片产生更好的同质性 (小于 4nm 的波长同质性),该技术不仅能帮助减少需要筛选并且提高了产品的自身良率。

硅基氮化镓也被证明是完全匹配了蓝宝石设备的性能,但在半导体行业里采用硅基设备也是出于扩大产出规模和降低成本的考虑,事实上,半导体公司正通过对 150mm 晶圆 LED 自动化产生的结构单元标准化进行演进。日本东芝公司就曾宣布,通过与 Bridgelux 公司的兼并,在今年年底就采用 200mm 硅基氮化镓工艺技术生产。中芯国际目前也正发展在 200mm 上制程硅基氮化镓功率元器件。就在去年,中芯国际就曾利用标准 CMOS 工艺与设备完善了前端制造工艺。

ANADIGICS 推出新型 GaN 线路放大器

ANADIGICS, Inc. 推出 ACA2428 氮化镓线路放大器 MMIC。这款新型 GaN 功率倍增器线路放大器采用 ANADIGICS 独有的设计架构,具有同类最佳的性能,可以完全消除 1 GHz CATV 系统中的视频和音频失真问题。ANADIGICS 的 GaN 线路放大器可提供出色的输出功率,且电流消耗低,其突出的节能性为实现绿色 CATV 基础设施解决方案创造了条件。

新款 GaN 线路放大器 ACA2428 实现了输出功率、线性度、比特误码率和噪声系数的最佳结合,可确保在这些网络条件下传输最高质量的视频数据。ACA2428 GaN 线路放大器 MMIC 输出功率为 +58 dBmV, 1 GHz 增益为 21 dB, 专门针对 50-1000 MHz 频段应用而优化。





改变 GaAs 行业的格局

在今年的化合物半导体制造技术国际会议 (CS Mantech) 上，给与会者突出的印象是：主要 GaAs 芯片制造商市场份额的起伏不定、外包业务量的增长、新型 BiHEMT 和 HBT 制造工艺的推出，以及 pHEMT 的黯淡前景。Richard Stevenson 报道。

想要准确地描绘今年 CS Mantech 会议的基调是一件很费脑筋的事。对于专程于 4 月 23-26 日间前往美国波士顿的与会代表来说，“平静的乐观”很可能是反映其感受的最佳词汇了。他们了解到，GaAs 器件销售令人难以置信的强劲增长近期已经结束了，不过，在未来几年里 GaAs 器件的出货量应继续保持稳步小幅增长的态势，相关厂商可从中得到一定的安慰。支持这种观点的数据由来自 Strategy Analytics 公司马萨诸塞州 Newton 办事处的 Eric Higham 提供。按照他的说法，GaAs 器件市场规模于 2010 年惊人地跃升了

35%，总值达到了近 50 亿美元。自 2000 年以来，全球 GaAs 芯片销售如此大幅度的增长这还是第一次，当时的情况是困难局面接踵而至。新千年之际的互联网经济泡沫破灭造成了销售收入的大幅下挫，产品库存大量积压，直到 2008 年全球 GaAs 器件的销售收入才恢复到接近 2000 年时的峰值水平。然而这一次的繁荣之后则不太可能是泡沫。占 GaAs 器件营业收入大部分的手机其销售状况良好并有望继续增长，而且预计手机中此类芯片的使用量也将增加。上述情况使 Higham 和他的同事们做出了一种初步的预测：以 2011 年的

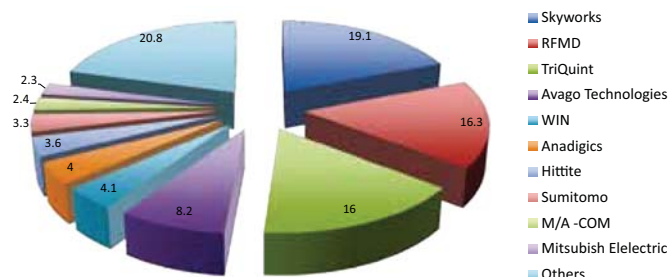


图1: Strategy Analytics提供的数据显示: 2010年, 美国三大GaAs芯片制造商Skyworks、RFMD和TriQuint在总市场中所占的份额超过了50%, 价值达到了54.5亿美元(包括芯片代工厂的销售收入)。

52 亿美元收入为起点, 一直到 2015 年, GaAs 器件的销售收入将以 6% 的复合年增长率持续攀升。

多年以来, RFMD 和 Skyworks 两家公司一直在为占据 GaAs 器件销售收入的首位而竞争。Strategy Analytics 先前提供的数据显示: Skyworks 在 2008 年有了迅猛的发展, 而 Higham 在其谈话中公布的最新数据则表明: 这家芯片制造商目前已取得了明显的领先。根据他提供的数字, 2010 年 Skyworks 的市场份额为 19.1%, 而 RFMD 则为 16.3%(见图 1)。时间很快到了去年(2011 年), 这个排名发生了重大的变化, Skyworks 的市场份额窜升至 22%, 而 TriQuint 则以 15.1% 的市场占有率取代 RFMD 居第二位, RFMD 这家总部位于格林斯伯勒 (Greensboro) 的公司其市场份额只有 12.4%。Higham 还重点提及了磊晶晶圆外包生产的发展趋势。2011 年间, 这个目前被 WIN Semiconductors 公司所垄断的市场其规模增长到了 6 亿美元。

在手机行业中, 迄今为止最大的变化就是智能手机销售的惊人增长。在 2010 和 2011 年中, 此类高级手机的出货量暴涨了 68%, 季度环比的变化量差异显著。

Higham 解释说: “在 2011 年当中, 上半年的增长率的确达到了 80%, 下半年则降至仅有 40%。”虽然这种快速增长是不可持续的, 但 Higham 仍然预计: 智能手机的出货量将继续保持两位数的百分比增长到 2014 年。而到 2015 年, 这种高级手机的销售量将占到各类移动电话总销量的一半以上。

无线基础设施为 GaAs 芯片销售的增长提供了另一个契机。Higham 和他的同事们通过追踪调查后发现: 发送功率为 0.25W 到 10W 的微蜂窝和毫微蜂窝基站的部署量呈上升之势。传统基站市场采用具有 40W 至 80W 输出功率的发送器, 居主导地位的是硅 LDMOS 脉冲功率器件。不过, Higham 断言: 在功率较低的情况下 GaAs 器件更具吸引力。

实现全面集成

Skyworks 公司总裁兼首席执行官 David Aldrich 在 CS Mantech 大会上就手机市场发表了自己的观点。他与 Hignam 的意见一致, 认为手机中 GaAs 芯片的平均使用量正在不断增加: 一部 2G “功能型”手机其内含的 GaAs 芯片的总价值

或许不到 1 美元, 而一部智能手机所使用的 GaAs 芯片的总价值则有可能超过 10 美元。据 Aldrich 称, 后一种手机销量的节节攀升将推动 RF 芯片的整个潜在市场以每年 15% 的速度增长。

市场上的这种成长势头对于标准的融合并没有产生任何的促进作用。Aldrich 解释说: “每个基带伙伴对于其希望的前端配置都有着不同的观点。”

与此同时, 手机制造商们的愿望一如既往地“执着”, 简单地说就是: 获得功能更多、占板面积更小的芯片产品。而且, 根据 Aldrich 和 Prismark Partners 公司提供的数据, 他们的愿望似乎正在逐步地得以实现。3G 手机用功率放大器 (PA) 自 8 年前面市以来, 其占板面积以 13% 的复合年递减率不断缩小, 而基带芯片的尺寸缩减速度则更快, 每年的降幅达到了 16%。

Aldrich 指出: 多频段、多模式 PA 将成为智能手机中用量日渐增加的产品之一。Skyworks 已开发出一款能使用多达 17 种频段并支持诸如包络跟踪等新功能的此类产品。这项能够延长电池续航时间的技术对输送至功率晶体管最后 RF 级的电压进行动态调节, 因而可以跟踪信号包络。预计该技术的运用能够节省 200 mW 至 500mW 的电池功率, 同时降低散热量并改善每个基站的 3G/4G 网络覆盖率。

RABOUTET S.A.

钼材料制造商。
分子束外延材料。
可用于专业的清洗
和消毒。



RABOUTET S.A.

地址: 250 Av Louis Armand

Z.I Des Grand Prés

F-74300 Cluses France

电话: 33 (0)4 50 98 15 18

传真: 33 (0)4 50 98 92 57

电子邮件: info@raboutet.fr

http://www.raboutet.fr





市场 | Market

涡轮增压晶体管 (Turbo-charging transistors)

来自中国台湾的芯片代工厂 WIN Semiconductors 在 CS Mantech 大会上详细介绍了两项新工艺：一项用于制造面向多模式、多频段 PA 的坚固型 InGaP/GaAs HBT，另一项则用于生产具有低导通电阻 pHEMT 且适合 LTE 应用的 BiHEMT。

WIN Semiconductors 正在开发的多模式、多频段 PA 将面向下一代手机和平板电脑，可支持各种不同的无线标准。它们将使用 3G WCDMA/HSPA 和 4G LTE 允诺的较高数据速率，同时还可后向兼容现有的 2G GSM 和 2.5G GPRS/EDGE 标准。此外，它们还将采用坚固型 HBT，因而能够耐受由高电压、驻波比失配所引起的应力。

通过调整集电极设计以整合高的断态击穿电压和较大的通态击穿电压，WIN 改善了其 HBT 的坚固性。为了提供更好的防潮和防振动性能，用 SiN 薄膜取代了由聚酰亚胺制作的厚度较薄的薄膜。

还有一项变化就是从“金属指环绕发射极台面”的传统布局转向一种“去除了外部基本金属指”的配置。这通过缩小基极台面面积和提高功率增益而修整了基极 - 集电极电容 (见图 2)。

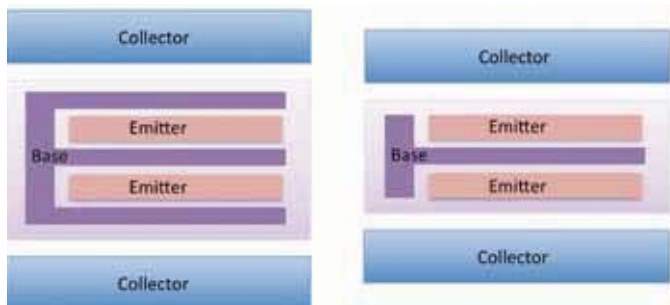


图2: WIN能够通过去除外部基本金属指(这道工序减小了基极-集电极电容并调整了基极台面面积)来提高由其HBT产生的功率增益。传统的HBT架构依靠微调基极台面面积。图中靠左侧的是传统型HBT架构;右侧的是先进的较高功率版本。

试验揭示了所有这些改变所带来的好处。针对集电极所做的改进并未影响功率增益或功效，却在坚固性评估中发现其可实现 50% 的集电极 - 发射极电压改善幅度 (对于 360° 的全相旋转，电压驻波比固定在 10:1，而集电极 - 发射极电压则从 3.6 V 增加至器件失效电压，对于采用新工艺制造的 HBT 为 7.5 V，而使用标准方法制造的器件则为 5V)。同时，基极指面积有所减小的新型架构可在低于 3GHz 的频率条件下 (用于手机的频谱范围) 使增益略有提升。

更好的 BiHEMT

WIN 最新的 BiHEMT 工艺整合了 pHEMT 和 HBT，其设计用于具有两种状态的新一代 PA，一种是高功率模式；另一种则是手机最常见的工作状态，即低功率模式。通过优化这两种模式中的性能即可改善 PA 的功效。

这家单一业务的台湾芯片代工厂拥有两项已进行过商业发布的 BiHEMT 工艺 (被称为 H2W 技术)，与同类的独立型工艺相比，运用 BiHEMT 生产的 pHEMT 具有高得多的插入损耗。这一劣势必须克服，从而为双功率状态 PA 赢得市场——在低功率模式中，高插损会拉低放大器的功效，这反过来又将阻碍 H2W 工艺满足新兴标准 (比如：4G 和 LTE) 中的高线性度要求。为了调整插损，WIN 的工程师们开发了一种 H2W 工艺 (此工艺运用了该公司最新的 BiHEMT 结构及其 HBT4 工艺)，并将其与一种信号栅极凹槽工艺和优化的 pHEMT 磊晶结构设计配合使用。与前文所述经过改良的独立型 HBT 相似，这种新工艺也用较厚的 SiN 层替换了较薄的聚酰亚胺薄膜，并且有机会定义多个栅极，从而可满足高隔离度、高线性度开关应用的要求。

BiHEMT 的 HBT 部分的特性包括：1.27V 的典型接通电压、数值为 130 的 DC 电流增益以及分别为 28V 和 14V 的基极 - 集电极间击穿电压和发射极 - 集电极间击穿电压。同时，pHEMT 具有 0.95 Ωmm 的导通电阻，较之采用早先的 H2W 工艺时减小了 50%。为了评估 RF 开关的性能，WIN 的工程师们构建了一款采用 9 μm x 125 μm 单栅极器件的完整外围设计。插入损耗仅为 0.1 dB，比采用最初的 H2W 工艺时低了 0.05 dB。

pHEMT 的黯淡前景

一场讨论 pHEMT 未来前景的扫尾会议未能在浓重的失望气氛中发现一丝希望。与会者一致认为：手机中的开关将越来越多地采用某种形式的先进硅工艺 (而不是 GaAs) 来制作，而且这种趋势根本无法阻挡。尽管 GaAs 开关可提供最佳的性能水平，但它们的价格较为昂贵，而且当前向多掷开关发展的趋势有利于使用绝缘体上硅器件。

代表们在这次讨论中也研究了 pHEMT 的新商机，不过似乎没有哪一种商机是具有广阔前景的。例如：pHEMT 可用于制造 WiFi 产品，但其将不得不与各种各样的硅工艺展开竞争，而在化合物与硅的“交锋”当中，最终胜出的往往是后者。在汽车雷达市场上情况也很相似，这里，pHEMT 有了相当的用量 (用于制作工作频率为 77GHz 的收发器)，但其市场份额很可能会输给具有更高集成度的 SiGe 型芯片。

幸运的是，手机制造商并不会在一夜之间就突然停止生产采用 pHEMT 开关的手机款型，所以此类晶体管的销售量将在几年的时间里缓慢下降。在许多情况下，这些芯片制造商同时也采用 HBT 工艺，因此如果顺利的话，任何由此造成的收入损失都可由功率放大器销量的增长而得到补偿。在今后的几年里，使用此类晶体管制造的产品销售的增长似乎是确定无疑的。☞



带嵌入式 RF 无线控制模块的灯泡将会照亮 2013 年的市场

Phillip Maddocks, Market Analyst, Connectivity, IHS IMS Research

2013 年将会是家用照明年，预计众多一线厂家将会推出带嵌入式 RF 无线控制模块的灯泡，带给消费者可负担得起的照明控制，同时也为无线半导体打开商机。2012 年 IMS Research 最新发布的“照明控制中的通信机会 -2012 版 (Connectivity Opportunities in Lighting Controls – 2012 Edition)”中预计带嵌入式 RF 无线控制模块的灯泡和遥控器的出货量在 2013 年会超过 60 万，2017 年达到 1170 万。

IMS Research 每年都会出版关于通信技术的报告，包括有线和无线的多种应用。“照明控制中的通信机会 -2012 版”这份报告研究了几种通信技术在商用照明、家用照明和路灯照明中的应用，并提供了从 2010 年到 2017 年的全球出货数据，每一个应用领域都涵盖三个主要区域 (美洲、亚太、EMEA)。

这份研究报告的亮点之一是通信技术在家用照明 CFL RF 嵌入式灯泡和 LED RF 嵌入式灯泡的应用。部分公司先后展出了带有可控功能的 CFL RF 嵌入式灯泡和 LED 系统，包括 Greenwave Reality, Insteon 以及 LiFX。IMS Research 认为 RF 嵌入式灯泡的出货量从 2013 年开始会持续增长，从 40 万增至 2017 年 9 百万。

多数带有 RF 模块的灯泡是 LED 灯，而不是 CFL。原因包括以下几点：首先，用电路 (比如一个 RF 收发器) 控制电光源比较简单；其次，一些新特性例如 LED 色彩控制，以及更准确、反应更快的调光控制在使用 LED 灯泡时才可以展现。最后，加入控制模块会增加灯泡的成本，相比 CFL，增加的成本只占 LED 灯整体成本较小的比例，更易被人接受。报告指出，2013 年 LED 灯增加无线控制模块会使价格上升 23%，而 CFL 价格则会上升 215%。

驱动无线控制模块市场发展的最重要的因素是使用智能手机控制灯泡的能力，既可以提供室内控制，也可以从外面进行远程控制。预计到 2017 年，多数系统都可以提供通过 app 或云计算来进行远程控制。如果目前的家用照明控制系统可以采用这种技术，成本对于普通消费者来说太高了。我们预计 RF 嵌入式灯泡将会以更平易近人的价格出售，从而提高在家用领域的渗透率。

从技术角度来看，目前多数 RF 嵌入灯泡系统，比

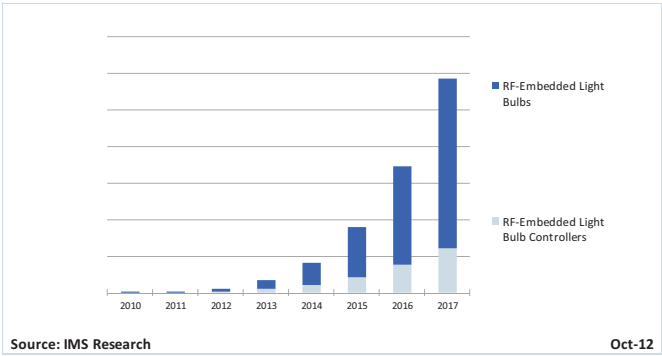


图1. 带嵌入式RF无线控制模块的灯泡以及控制器的市场情况

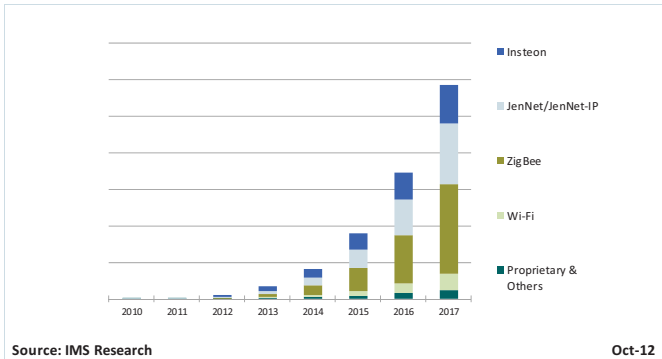


图2. 带嵌入式RF无线控制模块的照明产品使用技术情况

如 Insteon 都是使用专利技术或者专利 802.15.4 软件堆。Greenwave Reality 正在推出的是 NXP 的 JenNet-IP 协议，根据 NXP 的说法，透过发布开源授权的 JenNet-IP 网络层软件，可以同时为众多研发工程师和用户 提供支援。另外，ZigBee® 联盟 (ZigBee® Alliance) 宣布，正在开发一种新的 LED 照明控制开放标准 -ZigBee Light Link，将帮助制造商开发出各种照明和控制产品，从而为经销商和消费者带来多种可互操作的无线控制家居照明产品。目前众多一线照明厂家，包括飞利浦和欧司朗都有使用该标准的器件。

在多种技术的支持下，IMS Research 认为计划发布这些器件的一线厂家会在 2012 年底发布声明并在 2013 年初开始供货。在最初阶段，我们认为消费者对这些系统的互操作性方面熟悉后才会购买自己喜欢的品牌，而不是选择一种技术。消费者对于可互操作的技术，比如 ZigBee 的认知相对较低；然而随着其他项目比如智能电表在全球的普及，预计消费者对可互操作标准的认知会逐渐增加。CS



延长电池续航时间



对于当今最先进手机的设计人员来说，他们面临的难题同样是其前辈们曾经苦于应付的，就是要想方设法地延长电池两次充电之间的间隔时间。现在，为了赢得成功，这些设计人员必须构建能够提供高线性度的高效前端系统，而这种高线性度是那些采用复杂编码方案运作的数字网络所需要的。美国 RFMD 公司负责 3G/4G 解决方案的总经理 Chris Novak 指出：用于满足此类要求的可选方案有很多，而且它们各有其优缺点。



我们正处在一场连接与移动技术革命之中。通信技术在全球范围内所发生的引人注目的变化其背后的推动力便来自于这场革命。与此同时，从事网络与移动设备开发的工程师们也面临着巨大的技术挑战。

手持式智能设备销量的飙升带来了高速数据连接业务量的大幅增长，因而对这些挑战起到了推波助澜的作用。据 Cisco 公司预测，随着越来越多的消费者采用手持式设备参与社交网络和娱乐活动，从现在一直到 2016 年，无线数据流量将以接近 80% 的复合年增长率持续攀升。内置无缝连接能力并延长了充电间隔时间的纤巧型设备的兴起将助推无线通信流量的这种爆炸性增长。

为了与数据需求量的这种直线上升保持同步，智能型设备与网络正在逐步地向更宽的频率范围、更宽的信号带宽及更高的数据速率迁移。该发展动向刺激了射频（RF）前端行业的创新活动，工程师们都在积极开发新型设计方案，旨在充分利用电池有限的电能储量。

RF 系统挑战

业界为提高数据速率及改善网络频谱效率进行了诸多的尝试，包括引入采用先进编码方法的新标准，例如：正交频分复用（OFDM）。此类复杂编码方法的缺点之一是：调制会导致已调制信号的振幅变化显著增加 - 这是对用于每个已发送符号的更多信息进行编码所必需的（见图 1）。此外，频谱效率的改善还会降低 RF 发送系统的效率。这将缩短移动设备处于使用状态的时间，而且也会使其发热。

由于无线数据业务量持续不断地增长，因此提高频谱效率将只能作为解决方案的一个部分。为了帮助满足这一需求，业界正在给网络分配更多的频谱资源。然而，针对数字网络的这些频谱分配缺乏统一的规划。它们分属于独立的政府部门管辖，而且决策者们并不参与成本效益型全球无线电系统的设计工作。目前的情况是：分配给数字网络的频段在各地区之间存在着巨大的差异。这种缺乏协调的方式意味着智能设备不得不应对越来越多带宽各不相同的频段 - 如今，具有不同带宽的蜂窝通信发送频段已超过 36 个，其频率范围介于 695MHz 至 3800MHz。而使该问题进一步复杂化的是那些数量日益增多、且颇具挑战性的 RF 规范，这些规范旨在确保数字网络

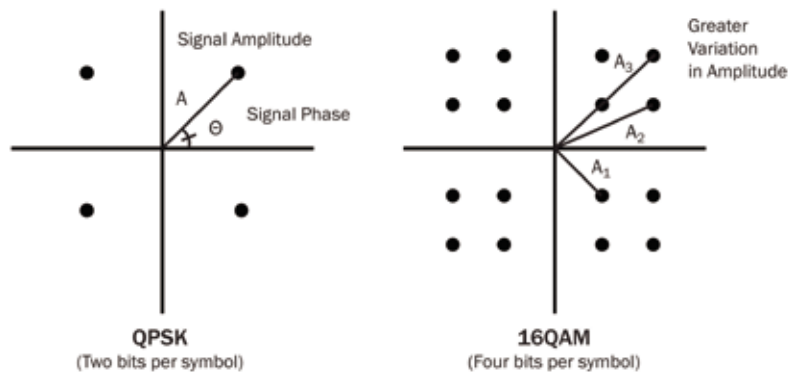


图 1: 显示振幅变化增加情况下的调制星座图实例。

能够在不干扰其他无线系统的情况下运作，如公共安全频段、全球定位系统和无线 LAN(WiFi)。

最新的数字网络调制方案对于智能设备的要求之一是实现线性放大。为确保高质量的无线网络，RF 发送系统必须准确和按比例地放大输入信号 - 无论是相位抑或是振幅，严重的失真都是不能容许的。过大的失真有两个不良的后果，即：在已发送信号中出现数据错误；发送能量溢出至其他频段中（因调制分量所致）。在后一种情况中，这将造成对其他数据设备的干扰。

总的来说，改善调制方案的频谱效率将增大信号的波峰因数（即峰值振幅与平均振幅之比，简称 PAR），见图 2。当放大器处于或接近其压缩点时，则 PA 效率达到峰值（见图 3，该图示出了典型功率放大器的压缩曲线和效率）。然而，当 PAR 增大时，PA 从压缩点起将在更多的时间里处于工作状态。换句话说，为了维持充分的线性度并最终保持峰值振幅，将以牺牲效率为代价。

发送操作：电池电量的巨大消耗源

当智能设备发送信息时（特别是在功率级较高的情况下），功率放大器将消耗大量的电池储能。智能设备在两次充电之间所能连续运行的时间（也被称为“电池续航时间”）受控于 RF 前端

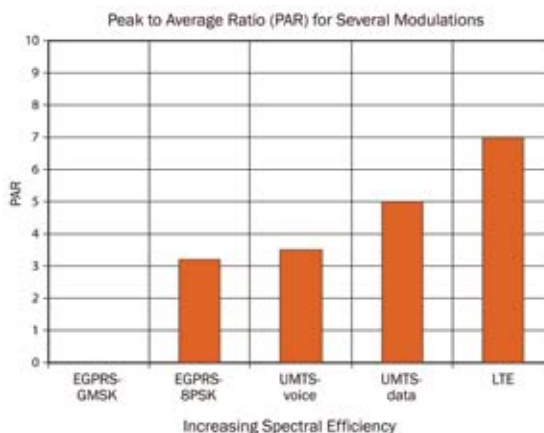


图2: 常用数字网络调制方案之峰均比(PAR)的增大。



封面故事 | COVER STORY – 无线

放大器部分的效率。为了延长电池续航时间，工程师们正在开发具有出色效率及线性度的放大器前端设计方案，以使 PA 能够在更接近压缩点的条件下运作，从而获得更高的效率。

实现这些目标的方法有几种。一种方法是预失真 - 通过给放大器的输入信号施加反向非线性让系统对 PA 非线性予以校正，从而使 PA 在更接近压缩点的条件下操作。或者，也可以采用“前馈”，这是一种基于非线性校正的方法，就是把 PA 输出端上的估计非线性予以去除。而另一种可选的方法则是“反馈（笛尔卡坐标或极坐标）”：检测输出信号、将其与期望的输入信号进行比较并对输入加以校正。最后一种同样很重要的方法是“包络消除与恢复”（EER）。此方法需要对具有相位信息（通过调制放大器的电源在其上产生叠加的振幅信息）的恒定包络信号进行放大。

在总部位于美国北卡罗莱纳州格林斯伯勒的 RF Micro Devices 公司，我们认为：作为 EER 的一个变种，具有附加延迟以保证线性度的包络跟踪（ET）在迅速升格为“面向较高功率 RF 发送的最有效的功率优化技术”。其最出色的特性之一是可很好地适用于宽频率范围、宽带宽范围及多种调制方案。这使其非常适合满足全球智能设备

市场的需求。然而值得注意的是：在某些应用中，也许需要通过上述多项技术的组合来实现最佳的性能（见图 4，其对采用几种方法所获得的相对效率改善进行了图示）。

调低发送功率

在新式数字网络中，功率控制方案可在不需要满功率的情况下降低总的发送功率。由此带来的好处并不仅限于节能，因为这种方法还能最大限度地减少不必要干扰，从而获得更高的系统容量。设计可在很大的动态输出功率范围内进行高效发送的 RF 前端，将是在此类网络中实现良好运作的关键。

在大动态范围内提升 RF 效率有很多种方法。其中最显而易见的两种是：1) 在功率足够低、仅由推动级就能输送的情况下将最后的 PA 级关闭；2) 在较低功率下微调偏置电流以减少电流消耗。或者，工程师也可以采用一种 Doherty 配置，即：在低功率条件下将主放大器调节至有利的（高）阻抗，而在较高的功率下则接通辅助放大器以保持正确的阻抗。另一种可选方案是运用负载操控法，比如“链路匹配”或“负载开关切换”，即通过接通和断开匹配元件而在很宽的功率范围内保持有利的阻抗。此外，还有平均功率跟踪（APT）或多状态功率管理法。借助这种方法，可通过在平均功率下降时调低放大器的电源电压以把 PA 保持在接近饱和的状态。

实际上，所以这些能够在各种调制方案、频段、带宽和输出功率要求下实现效率提升的方法都存在复杂性、成本与优势方面的权衡折衷。不过我们发现：利用 PA 电源管理（如 DC-DC 转换器）的系统越来越多。照此下去，将能够以成本效益的方式将单一的转换器技术应用于覆盖所需发送频段及调制方案必需的各种不同的 PA 组件和调制电路（见图 5）。许多替代方案相形之下都要逊色一些，因为它们虽然能解决相似的问题，但所用的方法却有可能增加每个组件的成本和复杂性。

关于这一点，我们可利用一款放在一起的 ET 设计方框图来说明（见图 5）。增添预失真可以进一步改善高功率时的效率 - 这可通允许 PA 在更接近压缩点的条件下运作来提升高功率时的效率（参见图 3 中的示例，了解这种做法为什么能够提高系统效率）。

然而，高效、高带宽的包络跟踪需要一个能

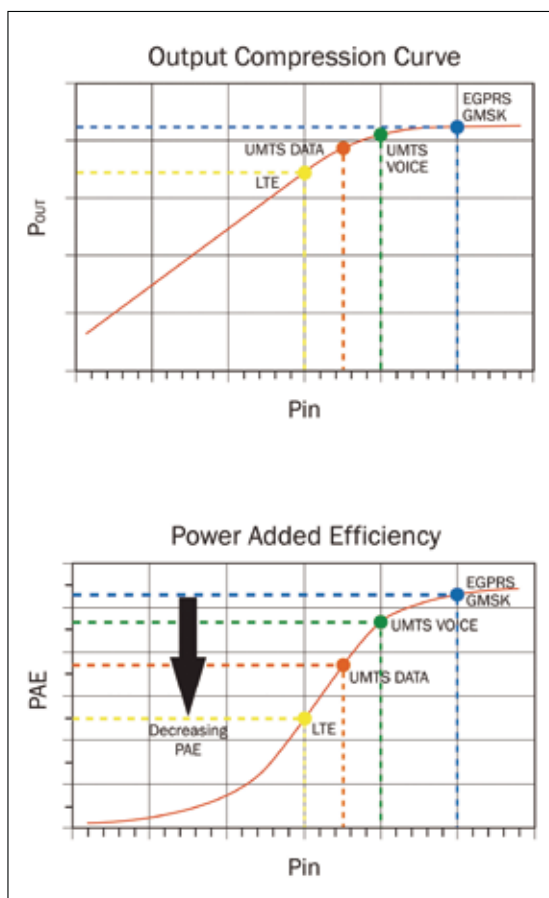


图3: 典型功率放大器的压缩曲线和功效(PAE)显示了PAR的增大所产生的影响。



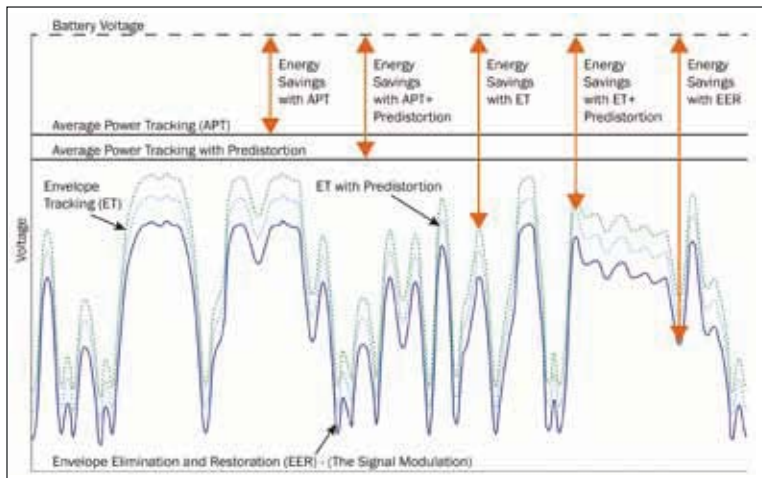


图4: 几种改进方法所实现的功耗(PAE)提升之图示 (忽略与实现方案相关联的转换效率)。

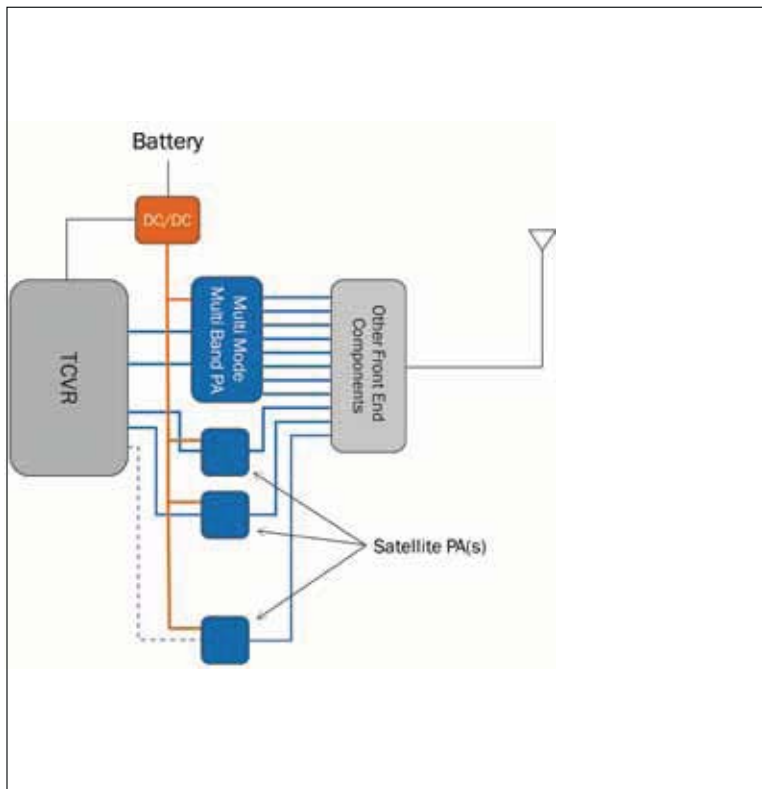


图 5: RF前端的图示—表明了针对多个PA组件进行的PA电源管理(DC-DC转换器)。

够提供快速、准确电压变化（它是跟踪高 PAR 调制的包络所必需的）的 DC-DC 转换器。不幸的是，利用这种方法所获得的 PA 效率提升却被 ET DC-DC 转换器及快速跟踪调制包络所需电路的转换效率下降给抵消掉了（在较宽的带宽范围内运作将降低转换器效率）。不过好的一面是：系统“效率提升”是有利的。换句话说：扣除 ET 实施方案电路的“成本”，PA 效率的提高总体而言还是利大于弊的。

随着发送功率的逐步调低，将会到达这样一个点，即：PA 效率提升带来的好处实际上被 ET

电路转换效率的下降所抵消。当发生这种情况时，必须改变提升效率的方法以实现最佳的性能。可以采用的针对性方案有以下几种：把系统切换至一种具有较高 DC-DC 转换效率的 APT 模式；调整 PA 偏置，或使用相似的低功率效率改进法；或者，采取这些方法的最优组合以确保在各种条件下都能实现高效率的发送操作。

全面集成

我们认为：此类新型 RF 平台系列将需要更精确地协调收发器、电源管理和功率放大器模块。另外，这些最新的设计还必须能够处理复杂的通信及定时信号，以确保收发器的正确操作—这需要在各种不同的效率提升方法之间实现无缝的良好转换，从而在各种调制方案、频率和功率级别下执行发送操作。希望通过电源管理获得的特性包括：能够跟踪高 PAR 包络（假如采用了 ET）的快速、准确的电压变化；避免产生过大的开关噪声；保持频谱纯度及维持足够高的电源转换效率（以获取这种方法的好处）。此外，还必须通过设计使 PA 拥有最优的负载线，从而能够在整个动态范围内运

作。这意味着必需进行正确的器件定标（device scaling）和细致的权衡折衷（例如：审慎地选择电源电容），以使智能设备能够满足无线网络的复杂要求。

显然，在可以预见的未来，消费者对于在智能设备中实现移动性和高数据速率连接能力的需求将使 RF 前端市场继续面临着各类复杂性与挑战。为此，工程师们将通过各种组件的创新以及将这些组件集成为一个整体化的 RF 平台，不断地改善和优化新式数字设备的能源使用效率、热性能和电池续航时间。🔋



在 200 mm 硅衬底上以无金兼容 CMOS 的方式加工 AlGaIn/GaN 高电子迁移率晶体管

Brice De Jaeger, Marleen Van Hove, Stefaan Decoutere; Imec

GaN HEMT（氮化镓高电子迁移率晶体管）技术作为下一代功率器件基础的潜力已得到证实。但是 GaN HEMT 的制造成本仍然高昂，因此降低器件成本成为重要的研发课题。Imec 完成了在 200 mm 硅衬底上制备 GaN 外延层的工作，其展示的工艺流程揭示出我们有可能仅通过 CMOS 制造标准设备，就能够在高生产率的 200mm CMOS 生产过程中制造出 GaN HEMT。

在 200 mm CMOS 制造过程中应用 GaN HEMT 技术

GaN HEMT 技术的一个优势是与可比技术相比较具有更高的转换速度。只此一点，即可通过减小尺寸进而降低无源元件成本，来实现系统级的成本下降。不过，降低器件加工成本的空间也相当广阔。如今，我们需要利用专门的加工生产线，在小直径晶片上生产 GaN HEMT，并且常常是在蓝宝石或碳化硅衬底上制造 GaN HEMT，结果导致造价高昂。

在高生产率的 200mm CMOS 生产过程中在硅衬底上制造 GaN 功率器件，是未来一条确定无疑的发展道路。只是这样做会遇到大量高难度的技术难题。首先需要在 200mm 硅晶片上，培养所需的 GaN 外延层堆叠，要求无缺陷，无裂纹。第二，为了使用标准 CMOS 工具组在 200mm 硅晶片上加工 AlGaIn/GaN HEMT，需要摒弃不兼容的加工方法。例如，CMOS 加工不允许使用金。但是一般来讲，GaN HEMT 加工会

将金用作欧姆接触和栅极结构。第三，为进行这种加工流程，必须能够制造高品质、高性能和高产出的设备。

Imec 三年前与一批领先的器件制造商和工具与材料供应商结盟，建立了协作研发项目，目标之一就是要解决上述难题。作为欧洲领先的纳米技术研究中心之一，Imec 曾参与芯片微缩、可持续能源技术、医疗保健和生命科学电子技术的研发。本文将概要介绍我们 GaN 项目的最新研究成果。

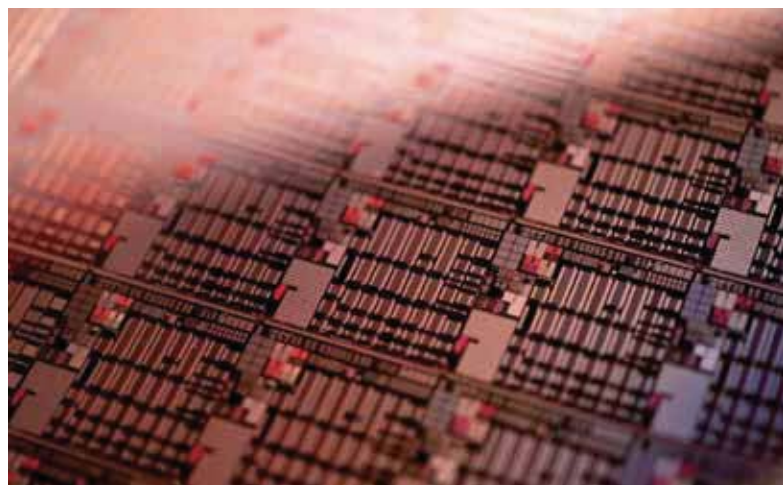
创造 200mm 衬底 - 硅晶片上的 AlGaIn/GaN 外延层

以使用 4 英寸和 6 英寸晶片获得的经验为基础，通过金属有机化合物气相外沿（MOVPE）[1]，利用 200 mm 硅（111）衬底上沉积的厚 AlGaIn 缓冲层，我们最终能够培养出无裂纹的 AlGaIn/GaN/AlGaIn 双异质结构。

此双异质结构包含 200 nm AlN 晶核形成层、400 nm $\text{Al}_{0.75}\text{Ga}_{0.25}\text{N}$ 缓冲堆叠、400 nm $\text{Al}_{0.50}\text{Ga}_{0.50}\text{N}$ 、1800 nm $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{N}$ 、150 nm GaN 通道和 10 nm $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{N}$ 障壁层。障壁上覆盖着 2 nm 左右的 GaN 保护层，用于在外延层生长之后的降温期间保护 AlGaIn 障壁不出现裂纹。在 GaN 外延层上，在 750℃ 下沉淀了 120nm 低压化学气相沉积（LPCVD） Si_3N_4 钝化层。

该结构导致在 200 mm 晶片上存在可再生的相同二维电子气（2DEG）特性。在 18 个晶片（具有相同的外延层堆叠）上的 Van-der-Pauw 结构上测得 2DEG 薄层电阻（ R_{sh} ）是 $360\Omega/\text{sq}$ ，此值伴有 1 σ 标准差，即偏差为 5%（在晶片上 48 个芯

图1: 通过兼容 CMOS 的加工流程，在 200mm 硅衬底的 GaN 外延层上加工功率器件。



片里的 24 个芯片上测得此偏差值)。霍尔数据显示 2DEG 载流子密度 n_s 为 $\sim 8.9 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$, 载流子迁移率 μ_s 为 $\sim 1950 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 。

为培育最厚为 $3 \mu\text{m}$ 左右的 AlGaIn/GaN/AlGaIn 外延层堆叠, 我们使用 1.15 mm 厚的硅晶片, 而不是常用的 0.725 mm 晶片。实验已证明要获得可接受的晶圆表面翘曲度 ($\leq \pm 50 \mu\text{m}$) 和晶片脆度, 此厚度是必要的。

在 200 mm CMOS 工具组上加工 HEMT

在大部分生产工具上都能够加工 1.15 mm 厚度的硅晶片, 而无需大幅度地进行硬件或加工上的修改。在偶然情况下, 由于较厚的硅衬底具有较大的惯性, 需要降低晶片传输系统机器人的速度。同时, 在我们特定的培植系统里, 不能直接把晶片放在静电薄片夹头上, 而是要把它们安装在晶片承载器上, 以避免晶片破损。

另外, 我们会严密监视在设备加工过程中晶圆表面翘曲度的演变。可看出加工过程中, 栅极、欧姆和铝互连加工没有显著增加晶圆表面翘曲度。厚铜互连加工会增加晶圆表面张力, 从而增加晶

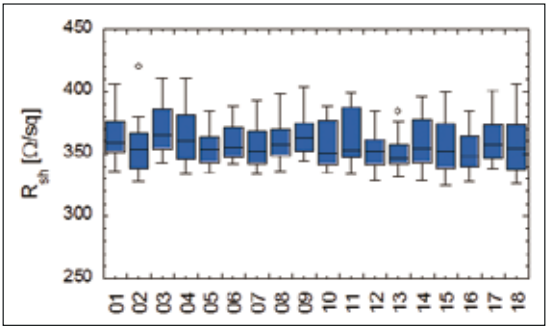


图2: 用于在 200mm 硅衬底上培育 18 层外延层的可再生和相同的 AlGaIn/GaN 2DEG 薄层电阻。

圆表面翘曲度, 翘曲度被限制在 $\pm 35 \mu\text{m}$ 。

通过以上恰当的修改措施和对晶圆表面翘曲度的监控, 根据标准生产操作程序, 我们可以获得零晶片损耗的结果。

镓污染控制

因为镓是硅中的 p 型掺杂剂, 所以不能允许它污染加工工具。借助现有的污染控制步骤, 我们能够监视和控制从 GaN 晶片到工具的镓传播。

在大部分工具上, 硅晶片前面和背面的镓水平低于 $1 \times 10^{11} \text{ at/cm}^2$ 。一个值得提出的特例是, 用于刻蚀 GaN 层的刻蚀工具, 例如在 AlGaIn 障壁消减刻蚀的过程中, 该工具的镓水平会高于 $10 \times 10^{11} \text{ at/cm}^2$ 。通过在 200°C 下 执行优化的基于 Cl

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





图3: 阈值电压与障壁消减刻蚀时间的对比。在60s障壁消减操作下可获得增强型设备。本图显示了相应的 I_D - V_{GS} 特性。

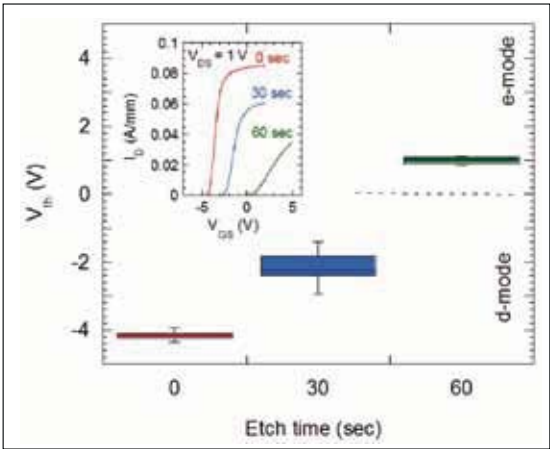
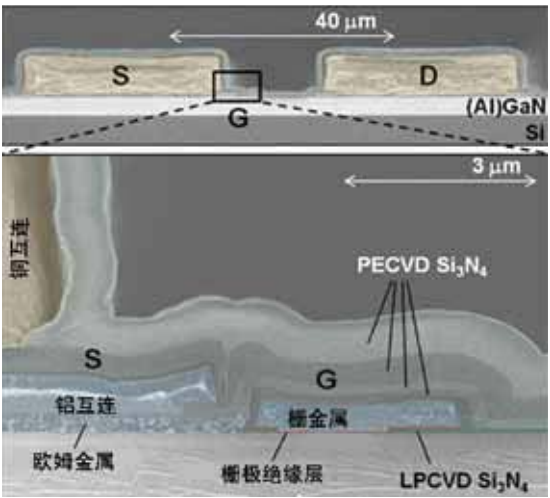


图4: 功率器件截面 SEM 图。顶部图片显示了源-栅-漏指配置, 8 μm 厚度的源极与漏铜互连, 并由 Si_3N_4 密封起来。底部图片详细说明了源-栅极区域: 带场板的T型金属栅电极, 栅极绝缘层和电阻性源区域的金属层堆叠。



的清洁程序, 可形成易挥发的 GaCl_3 , 将污染水平降低到 $1\text{e}11\text{ at/cm}^2$ 以下。

无金的 HEMT 加工

一般而言, GaN 设备加工要求通过镍 / 金或钼 / 金实施浮离金属法, 从而限定欧姆接触和栅极接触。在标准的高生产率 CMOS 生产中, 将会使用干刻蚀法而非浮离法, 因此需用无金金属法代替浮离金属法。

然而, 制造出无金欧姆接触同时使接触电阻低于 $1.0\Omega\cdot\text{mm}$ 是项挑战。我们已经示范了在电阻区域 AlGaIn 障壁消减是一种可行的技术, 能够

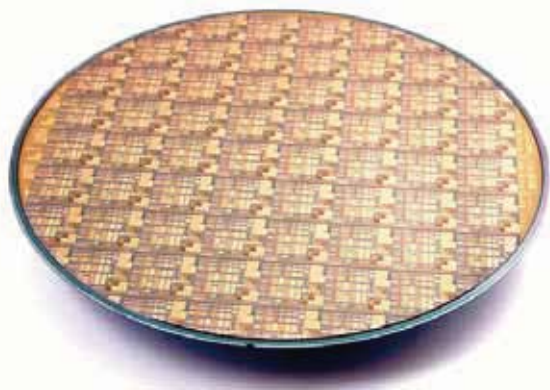


图5: 在200mm 硅衬底的 GaN 外延层上经完整加工的 MISHEMT 设备晶片。

帮助达成这一目标。可通过低偏置功率下的 BCl_3/SF_6 等离子体消除欧姆区域的障壁。随着障壁的消减, 当剩下 5nm 左右的 AlGaIn 障壁时, 可得到 $1.25 \pm 0.15\Omega\cdot\text{mm}$ 接触电阻分布。当障壁完全消除后, 所有接触电阻都在 $4\Omega\cdot\text{mm}$ 以上。我们的无金欧姆接触层堆叠包含 $20/100/20/60\text{ nm}$ 的钛 / 铝 / 钛 / 氮化钛, 它是纯 N_2 在 550°C 、 90s 下形成的合金。

AlGaIn/GaN MISHEMT 器件的制备方法

要展示在 200 mm 硅晶片的 GaN 外延层上加工 AlGaIn/GaN HEMT 的可行性, 我们还需要生产总栅极宽度为 60 mm 的全功能功率器件。

要制造这样的设备有大量可行的理念, 根据这些理念可发明耗尽型 (d-mode) 或增强型 (e-mode) 功率器件。我们选择的这种按 e-mode 概念生产的设备, 是当前公认极有可能成为高性能、高击穿电压和可靠的 GaN 功率器件 (具有常关型特性) 的候选者: e-mode AlGaIn/GaN 金属绝缘半导体 HEMT (MISHEMT), 无障壁且具有栅极绝缘层。

e-mode MISHEMT 器件的结构

充分消除栅极区域的 AlGaIn 障壁, 便可实现 e-mode 运行, 因此减少了栅极区域的极化电荷。要消减 $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{N}$ 障壁, 我们使用低偏置功率下的 BCl_3 等离子体进行刻蚀。 BCl_3 刻蚀时长为 0s 、 30s 和 60s 时, 分别对应的障壁消减深度为 0nm 、 5nm 和 10nm 左右。在使用最长的 BCl_3 障壁消除刻蚀时间时, 可在完整的 200 mm 晶片上测得正 V_{th} 值, 范围是 $1.0\text{ V} \pm 0.2\text{ V}$ 。

要抑制功率器件的栅漏电流, 方法是创建一个 MISHEMT 结构, 在这个结构中, 栅极绝缘层被插入到金属栅电极和 AlGaIn 障壁之间, 以避免产生肖特基 (Schottky) 栅接触。但是, 我们想要有同时具有低栅漏电流和高击穿电压的器件, 因此必须仔细选择栅极绝缘层。

首先采用单层 15nm 原子层沉积 (ALD) Al_2O_3 , 测得的击穿电压低于 600 V 的目标值。但如果采用双层, 即 5nm 650°C LPCVD Si_3N_4 和 10nm ALD Al_2O_3 , 便可测得高于 600 V 的击穿电压, 此值接近缓冲层击穿值。这个得到改进的击穿值, 极有可能与通过 $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{Al}_2\text{O}_3$ 双层沉积 [2] 而获得的较高品质的半导体 / 绝缘层界面有关。

用这种方式生产的功率器件总栅极宽度为

下转第43页



下一代功率器件：SiC 和 GaN 谁将笑傲江湖？

宽禁带电子器件取代硅基电子器件已经成为一种潮流，在电源、风力发电机、太阳能系统、混合动力电动汽车、电车、火车和工业机械等方面，宽禁带电子器件都展现出了良好的器件性能及应用前景。IMS Research(现已被 IHS 并购) 公司的 Richard Eden 对于宽禁带电子器件在各行业领域的应用前景及发展瓶颈进行了深入的研究，给出了详尽的描述。

硅基器件未来对于功率器件市场的掌控力将会面临的越来越大的压力。这一压力来自于两种宽禁带器件，一种是 SiC 材料，其在功率器件中的应用已超过 30 年。另一种是 GaN 材料，这一材料近来一直受投资机构的热捧，基于这种材料的蓝光及白光 LED 在高端消费领域已经获得广泛应用。首只 SiC 功率器件是诞生于 2001 年的 SiC 肖特基二极管。当时 SiC 材料被寄予厚望，人们希望它能够迅速成为制造高效率的功率器件的半导体材料。然而受 SiC 基衬底制备的高难度所限，SiC 材料体系没能迅速成长起来。作为其竞争对手的 GaN 材料，则由于其具有极高的性价比，已经毫无争议的成为目前表现最优异的半导体材料。由于其在电压和温度性能方面相对 GaAs 具有压倒性的优势，其已经被用来制作射频功率放大器。由于 GaN 材料体系具有诸如能够在标准硅基板上生长外延层和制备低损耗的器件等明显优势和特点，其器件成本将会远远低于 SiC 材料体系。

IMS Research 是一家总部设在英国从事市场调研的公司，一直以来我们都在关注 SiC 和 GaN 功率器件的各种应用，并试图去评估其未来十年的发展趋势。本文将介绍这两种宽禁带材料在各个领域的广泛应用，包括电源系统中的功率因素校正器 (PFC)、不间断电源 (UPS)、混合动力和电动汽车、工业级电机驱动器、PV 逆变器、风力发电机和机车牵引器，等等。

对于 SiC 和 GaN 器件来说，它们的大规模应用具有相同的阻碍。要想取得较大的发展，它们的价格就必须降低到与硅基超级结场效应管 (MOSFET) 和硅基高压绝缘栅双极晶体管 (IGBT) 接近的价格水平。人们寄希望于通过在大尺寸衬底上生长及提升材料质量等手段来实现这一可预期的目标。

其他对于 SiC 和 GaN 器件快速发展具有决定性作用的因素还包括：验证 SiC 和 GaN 晶体

管和功率模块的长期使用可靠性所需要花费的时间，尤其是在需要长寿命材料的工业领域以及关乎健康和安全的应用领域；高质量的 SiC 材料和硅基 GaN 外延材料随着时间变化竞争力增加的情况；政府机构是否会在功率器件的节能效率方面立法或制定相关政策。供应 SiC 和 GaN 器件产品的功率半导体制造商数量的增加，所带来市场竞争力的提升同样也会驱动宽禁带器件不断拓宽市场应用领域，尤其是在高端应用领域更为明显。SiC 器件产品可以进军需要高工作电压 (1700V、2.5kV、3.3kV、4.5kV 及更高) 的高端应用领域，而 GaN 二极管和晶体管等产品可以做到工作电压 1200V 及以上的应用领域。

电源

电源系统中的功率因素校正器 (PFC) 是首先可以应用这两种宽禁带材料功率器件的产品。这项应用的长期赢家可能会是 GaN 材料。这一器件的典型工作电压是 600V 和 650V，而这已不再是消费品及办公设备上电源系统的主流工作电压。我们预计 GaN 二极管和晶体管等产品在这一工作条件下的成本低于 SiC 基的相同产品，甚至于最



终他们的价格会与硅基器件相当。工业级的三相电源用量要比 PFC 电源少，但他们要求 1200V 的额定电压，这一点 SiC 基器件很容易实现。

对于 PFC 电源当中的硬开关的电源供电系统 (PSU) 来说，SiC 和 GaN 开关体现出了实质性的优势，而对于软开关电路则不明显。他们对于功率转换效率的提升非常有限，大概只有 0.1%-1% 的水平。引入宽禁带电子器件的好处是可以大幅削减 PSU 的尺寸，使得功率密度的提升得以实现，这是由于在缓冲电路中使用数量更少、体积更小的次级组件。这些次级组件是因为采用了 SiC 和 GaN 器件，所以才能够具有更快的开关频率。

一些其他大型的电源，如不间断电源等，也在寻求构建 SiC 和 GaN 功率器件的产品体系。然而，在 UPS 当中应用的只是相对较小的 SiC 肖特基管，并不能反映宽禁带半导体的整体水平的提升。在我们看来，SiC 和 GaN 肖特基管在 UPS 上的应用潜力的确比较有限。我们预测，分立的 SiC 和 GaN 功率器件仅会在 5.1kVA 以下的单相 UPS 上应用，而 SiC 电源模块则可以应用到 5.1kVA 到 250kVA 的 UPS 系统当中。

高性能汽车当中的高性能电子器件

对于宽禁带功率器件来说，一个令人振奋的消息来源于混合动力和电动汽车市场。采用上述宽禁带功率器件可以增加逆变器的效率，增长车辆充电后的使用时间。

在混合动力及电动汽车应用上宽禁带器件有三个具有潜力的研究方向：仅在插电式混合动力汽车和电动汽车电池上使用的电源充电器；直流转直流电压转换系统；动力传动系统。在这些电子系统中使用宽禁带半导体材料可以提高功率密

度，减小尺寸及重量。这一点是非常值得可取的，因为电动汽车空间紧凑，节省电子系统的空间就会给设计师们更多的自由空间。此外，减少车身重量可以增加车辆的加速性能及行驶范围。

在混合动力汽车 (HEV) 当中，如今的主流是硅功率器件并具有两个独立的冷却系统。这是因为安装在内燃机附近的逆变器需要维持比发动机更低的温度。如果用 SiC 器件取代硅基绝缘栅双极晶体管 (IGBT)，由于其具有更低的热容，同样可以使用相同的逆变器作为发动机外壳，并使用相同的冷却系统。

然而到目前为止，由于没有足够成熟的 SiC 开关技术能够与硅基器件甚至 SiC 肖特基二极管的可靠性相匹配。这将会延迟 SiC 器件在混合动力汽车当中的应用。由于具备相同的材料基础和基本结构，SiC 结型场效应管 (JFET) 可以作为匹配可靠性的优先选择。但是这些晶体管并不能主导市场，因为另一种 SiC 双极结型晶体管 (BJT) 同样具有市场竞争力，在寿命测试中具有良好的可靠性，更耐高温的温度循环系统，以及能够更耐振动和冲击。

从长远来看，GaN 二极管和晶体管在混合动力汽车当中的应用前景更被看好。这是由于其与相同性能的 SiC 器件相比更有价格上的优势。未来 GaN 分立器件可能不仅会在电池充电器上被应用，在动力传动系统的功率模块上也会被用到。同 SiC 器件一样，GaN 器件只有在达到汽车行业电子产品使用规范之后才会被广泛使用。

工业级电机驱动器

SiC 功率器件尤其是功率模块，最有可能应用到的是在工业级电机驱动器市场。在这一应用领域，SiC 功率器件可以用在工程自动化系统中驱动和控制工业电机的设备上。这种设备可以是单相或者三相；可以驱动直流，交流或者伺服电机；可以在变速及变频下运行。这种采用 SiC 功率器件的设备最大的好处是提升发动机驱动中的控制能力及效率。

采用 SiC 功率器件来取代硅工艺器件使得功率密度增加，这使得逆变器的尺寸重量和制冷系统都得以大大削减。然而这个市场是对于成本的敏感性很强，市场前景受价格与性能和尺寸联动的影响。为赢得市场，SiC 器件的价格必须降低到和硅基器件相当的水平。

附图说明：逆变器是用于将太阳能电池片输出的直流电转换为可以连上供电网络的交流电的形式。用SiC器件取代硅器件可以提升转换效率，带来更高的回报。





功率转换效率将会变得极其重要。作为与能源相关产品生态设计发展方向的需要，欧盟对于电动机最低效率制定了相关的法律，低压直流和交流驱动产品将会从中受益。从 2015 年开始，根据这一发展方向所制定的相关法律授权将会采用 IE3 节能标准发动机(超高效率)或者 IE2 节能标准发动机(高效率)以及相关的驱动器。现如今的大多数发动机符合 IE2 节能标准，我们相信大多数消费者会倾向于选择一种较便宜的方式，在现有的 IE2 标准的发动机当中增加一个驱动器，而不愿意买新的 IE3 节能发动机来替代现有的发动机。这会使得驱动器市场销量的迅速上升。

对于工业级电机驱动器的设计者们来说，长期工作状态下的稳定性是很重要的，这就要求其各部件具有优异的可靠性。对于 SiC 器件的可靠性来说还有很多悬而未决的问题。其必须在完成一系列特定的载荷循环，温度循环，寿命测试数据合格的情况下才能进行评估和导入量产。然而根据我们的预测，这一苛刻的审查将会顺利通过，并不存在较大的缺陷和纰漏。不久的将来，SiC 和 GaN 分立功率器件会被应用到单相驱动器上，而 SiC 功率模块会被应用在三相上。

SiC 和 GaN 器件在工业级电机驱动器上的应用还有两项重要的但并不明显的优点：一是开关频率的提升会降低发动机的噪声；二是可以为逆变器电路拓展到合并变压器创造条件，沿着这一技术路线，我们可以产生正弦波电压和电流输出，这可以大大减少射频电磁兼容性噪声。

增加光伏效率

各种光伏系统的制造商们挖空心思绞尽脑汁，唯一的目的是希望能够不断增加光输出。采用 SiC 和 GaN 功率器件来取代硅基器件可以提升逆变器的转换效率，这或许能够对光伏效率的提升贡献一点微薄之力。即使仅能提高 0.5 个百分点也被认为是值得的，因为这意味着终端用户可以将更多的电卖给电力公司获取更大的经济收益。

因此，光伏逆变器成为第二大的 SiC 肖特基二极管需求市场，而光伏行业即将成为首个大规模采用的 SiC 晶体管的应用领域就不足为奇了。SiC 器件制作的逆变器的开关频率达到硅基逆变器的两到三倍，而尺寸仅为其一半大小。

尽管目前 600V 的 SiC 肖特基二极管的价格相对偏高，但它在微逆变器 and 串式逆变器方面将



获得更大的市场份额。然而，在我们看来，这些器件最终会被更具有价格优势的 GaN 肖特基二极管所取代，一旦其可靠性被验证通过，将会很快进军微逆变器和串式逆变器并占领市场。

对于晶体管，我们认为在 5kW 以下的微逆变器和串式逆变器应用当中，GaN 晶体管产品最终会取代 600V 高压场效应管 (MOSFET)。SiC 晶体管也同样会在某些市场领域取得进展，在 5kW 以上的单相串式逆变器应用中，SiC 晶体管会取代 900V 以及 1200V 的硅基绝缘栅双极晶体管 (IGBT)。我们也期待 SiC 功率模块能应用到 1200V 三相中央逆变器当中。

提升风能利用率

风力发电机是另一种能够从宽禁带功率器件当中获益的可再生能源。实验结果显示采用 SiC 功率器件取代硅基 IGBT 作为功率模块可以提升系统整体效率约为 1%。这种效率提升如果转化为成本收益，对于风电厂商来说，售价在 \$1.5/MW-h 的电力能源可以节省 \$1.5/MW-h。采用 SiC 功率器件还可以提升功率密度，使得电力转换系统设计更加小型化。

当然 SiC 功率模块的应用也存在几个重要的阻碍：高成本，可靠性问题，高额定电流产品缺乏可行性认证。现阶段的 SiC 功率模块的应用仅限于 30A 的最大额定电流，和在风力发电机目前使用的硅基 IGBT 具备 100-150A 的额定电流相比还相去甚远。

值得注意的是，分立的 SiC 功率器件不太可能会被应用到风力发电机上，这是由于功率切换就需要几十个这样的分立器件。可行的方案是整合六个或更多 SiC 功率器件到散热盒中做成功率

附图说明：工业级电机驱动器，如在大型木工机械当中，为 SiC 功率器件的应用提供了很好的机会。



技术 | Technology - 功率器件

模块，并加入保护和控制电路等。

在绝大多数情况下，风力发电机需要 1700V 的功率模块，并工作在 690V 的三相电源电压下。这些发电机的叶片在不断被加长，以产生更多的电力。这就使得功率模块的制造商们也需要不断增加产品的工作电流，降低产品价格。我们认为这一趋势会阻碍 SiC 功率模块的引入，抑制其往这一领域的渗透发展。

对于风力发电机来说，同一些其他领域的应用相同，器件的可靠性也是至关重要的。单个模块的失效会引起整个风力发电机的功率转换器停止工作。而其导致的后果还与风力发电机所处位置有关。如果是在陆地上，电工可以在 24 小时内进行必要的修复。

但是如果是在海上，专业工程师需要利用服务船，在天气状况良好的情况下去进行维修。在冬天则无法去修复。海上的风力发电机往往规模更大，平均每年导致电力收入损失的故障数大约要比陆上风力电机高数千倍。

因此大部分功率模块的额定电压都是 1700V。有一些甚至会更高，高达 6.5kV。通常电力牵引车辆上有两种逆变器，一种推进发动机驱动器的主逆变器和一种供电池充电用的辅助逆变器。两到三辆有轨电车大概会需要一个包含六个功率模块的逆变器，而内燃机车上则需要 60 个这样的功率模块。目前发动机推进器上的功率模块额定电流在 1200-1400A。目前市面上的 SiC 功率模块远没有达到这一性能指标。

电池系统遍布在整个火车上，功率控制系统、刹车、照明、供暖、通风和车厢内的所有电源插座。由于电池充电器上的额定电流及功率都比较低，其上所用的功率模块数量比推进器系统上的也要少。基于这一点，电池充电器上的逆变器将会是 SiC 功率模块的主要应用方面。

SiC 器件取代硅基器件会使得功率转换效率提升 1%。这会减少能量的消耗，提升转换速度。由于 SiC 器件具有更大的工作温度范围，制冷系统也会大大减小。除此之外，SiC 器件还可以提高开关频率，使得感应组件可以做的更小。所有这些提到的优势的最终结果是使得火车的重量大大减轻，驱动性能更强，尤其是起步加速阶段效

促进运输行业发展

在运输行业当中，三相 690V 电源是标配，

下转第34页

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
Index

广告索引
Ad Index

目录 Content
P.18-35 P.38-44

推荐朋友
Refer a friend

免费赠阅
Subscribe

◀

🔍

🔍

▶

ACT

化合物半导体
COMPOUND
SEMICONDUCTOR · CHINA

2012年11月

·GaAs的篇

LED市场

AlGaInGaIn HEMT

氮化镓GaN

宽禁带芯片

硅基SiC功率器件

SiC功率器件应用

延长电池续航时间

并提高性能高功率系统

充分利用电能有限的电源设备

化合物半导体
COMPOUND
SEMICONDUCTOR · CHINA

讨论区
Index

广告索引
Ad Index

目录 Content
P.18-35 P.38-44

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

Advanced SiC, GaN, and PHEMT
for R&D to Production.

化合物半导体
COMPOUND
SEMICONDUCTOR · CHINA

讨论区
Index

广告索引
Ad Index

目录 Content
P.18-35 P.38-44

推荐朋友
Refer a friend

免费赠阅
Subscribe

◀

🔍

🔍

▶

ACT

28 化合物半导体 2012年11月

www.compoundsemiconductorchina.net

化合物半导体
COMPOUND
SEMICONDUCTOR · CHINA

广告索引
Ad Index

目录 Content
P.18-35 P.38-44

推荐朋友
Refer a friend

免费赠阅
Subscribe

◀

🔍

🔍

▶

ACT

MORGaN 项目大事记

- 欧洲首块2英寸硅/多晶金刚石复合衬底诞生。
- 首个能工作在微波波段的 HEMT 器件诞生，它的制作是采用了在单晶金刚石衬底上通过直接生长 GaN 异质结的方法。
- 自支撑外延蔓延生长 GaN 梁和悬臂。
- 首个涂覆纳米单晶金刚石层的 InAlN/GaN HEMT 器件诞生，其电流增益的截止频率为 20GHz。
- 具有 500 Wm⁻¹K⁻¹ 热导率的纳米单晶金刚石材料的顶部散热层诞生，表明在降低器件热阻时可以不影响其电性能。
- 首个能工作在 3.5GHz 频率的连续波下的 InAlN/GaN HEMT 器件诞生，它在 3.5GHz 频率下具有 6.6W/mm 输出功率和 70% 的电源效率。
- 能符合非线性电路的设计要求、且能提供 320W 输出功率的中等规模放大器的诞生。
- 新型高温 (800℃) 扩散阻挡层和金属化技术的开发。
- 能用于恶劣环境中使用的鼓膜制作技术，以及封装中悬臂梁传感器的嵌入技术。

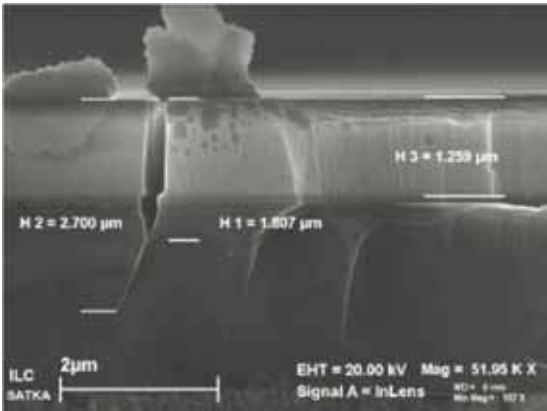


图2: 由拉伸应变所导致的、并终止于硅(111)层内部的裂纹(SEM照片)。

金刚石衬底

对具有超高热传导性能衬底材料进行研发的工艺平台中，其引领者是 Element Six 公司，该公司已经成功优化了在单晶金刚石衬底上直接生长 GaN 的工艺。尽管该衬底尺寸目前还相对较小，只有 4mm×4mm 的大小，但其电学性能十分优秀。较大尺寸的衬底很可能会通过在硅上进行金刚石薄层沉积来制作，Element Six 公司采用这种方法已经能生产 2 英寸的自支撑晶圆，其结构特征是在 70μm 厚的多晶金刚石层上沉积 2μm 厚的硅 (111 晶向) 表面层。要进一步放大衬底的尺寸 (如 100mm) 将需要进行很多额外的工作。这种 2 英寸的多晶金刚石复合衬底所具有的一项重要特性就是其热导率可高达 1000 Wm⁻¹K⁻¹。

英国 Bath 大学的研究人员已经能在上述这种复杂的硅 (111)/ 多晶金刚石复合衬底上进行氮化物层的沉积，其技术亮点包括有可形成高质量、无裂纹的 AlN 和 GaN 层，其中 GaN 层的厚度为 350nm(图 2)。

EPEL、CH 和 FORTH 的工程师们采用了氮或 RF 源的 MBE 生长技术在单晶金刚石衬底上直接生长氮化物外延结构。该工艺是首先沉积一个 AlN 低温缓冲层，在沉积 800nm 厚的 GaN 层之前，还要预先沉积一个进行应变处理的中间层，它能使随后沉积的 GaN 层处于压应变条件下。最后，在上述沉积结构的上方加工形成 HEMT 结构，该结构由 24nm 厚的 Al_{0.28}Ga_{0.72}N 层以及其上的 2nm 厚的 GaN 覆盖帽层构成 (图 3)。

对该器件进行霍尔效应测量的结果显示，在室温下它的电子迁移率为 731cm²V⁻¹s⁻¹，载流子面密度为 1.3x10¹³cm⁻²。在冷却到 770K 时，该结构的电子迁移率和载流子面密度将分别增加至 1740

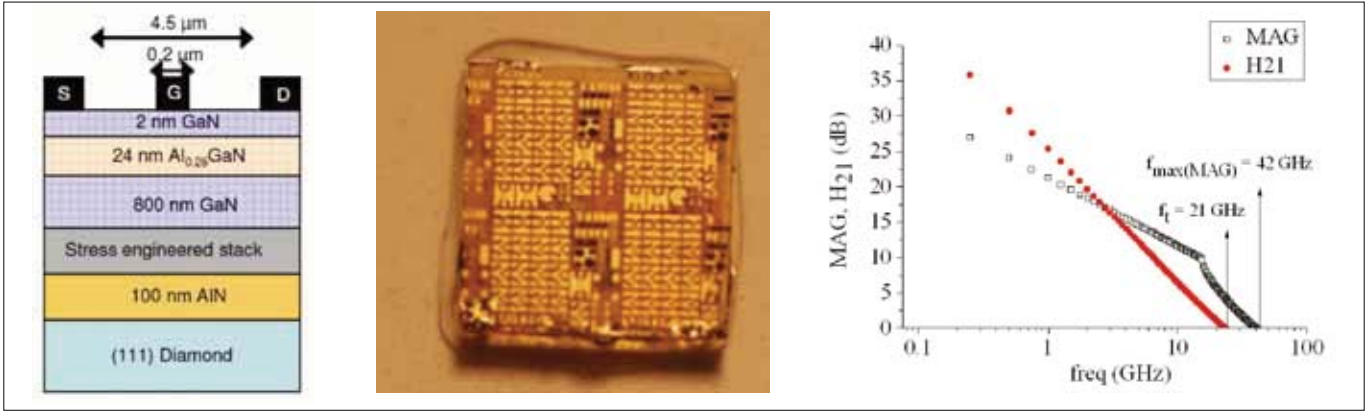


图3: (a) (左图)在金刚石单晶衬底上生长HEMT结构的设计, (b) (中图)在金刚石单晶衬底上加工的HEMT器件的光学显微照片, (c) (右图)对带有1 μm厚纳米晶体金刚石散热器、尺寸为2x0.2x75 μm³的HEMT器件进行测量，得到其电流增益(h₂₁)和功率增益(MSG/MAG)与频率间的函数关系，偏置条件设定为V_{ds}=10V和V_{gs}=-2.5 V。

$\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ 和 $1.4\times10^{13}\text{cm}^{-2}$ 。热性能分析显示该器件的热阻 R_{th} 为 3.5K mm W^{-1} ，是在常规 4H SiC 衬底上生长 HEMT 器件热阻的 2 倍。

来自 Ulm 理工大学的工程师们已经用上述晶圆制作了栅长为 $0.2\text{ }\mu\text{m}$ 的晶体管 (图 3b)。对其进行了小信号测量，结果显示其电流增益的截止频率 f_t 值为 21GHz ，功率增益的截止频率 f_{max} 值为 42GHz (图 3c)。尽管这些数据还略低于在 SiC 衬底上制作 AlGaIn/GaN 器件的测量值，但是首次试验就能取得如此结果未尝不让人感到满意。下一步的工作将是对该异质结构和器件工艺进行优化。然而，一旦这种可行性的研究结束，正如项目所规划的那样，由于受到单晶金刚石衬底目前尺寸上的限制，MORGaN 项目联盟将不会再在这个方向上进行继续努力。

压力传感

基于 ELOG 的悬臂梁器件是由 Bath 大学制作完成的，它能产生几个微米的挠曲量： $5\text{ }\mu\text{m}$ 宽、 $500\text{ }\mu\text{m}$ 长的悬臂梁可产生 $6\text{ }\mu\text{m}$ 的挠曲量，另外一种双夹持式的 $15\text{ }\mu\text{m}$ 长的悬臂梁变体结构则能产生 $9\text{ }\mu\text{m}$ 的挠曲量 (这些悬臂梁由一个压电控制的纳米定位器进行弯曲，其挠曲量可通过光干涉条纹的偏移来进行测定)。

这些结构的制作工艺包括有横向的蔓延生长，它是以光刻工艺为基础。在蔓延生长后进行氧化层的缓冲腐蚀去除之前，先预先形成一层薄的 SiN 牺牲层以实现悬臂梁的释放。该光刻工艺可以采用“double dogleg”生长工艺窗口来使得 ELOG 能沿着其最优化的互结晶方向进行生长。

为了优化鼓膜传感器的设计而需要进行数值模拟，这项工作已经由 Bath 大学和 Joseph Fourier 大学共同展开。这两所大学已经开发了针对该种传感器的机械力学模型，该模型拥有六个传感单元 (图 4)。这种传感器模型能对处于特殊压力范围内的蓝宝石衬底厚度进行精确的微调。

这项努力的另一个贡献者是 IEE 的 Slovak 科学院，该机构已经开发出了与该传感器制造工艺相兼容的高温加工技术。通过对蒸发沉积形成的镍-铌界面薄层进行热氧化和图形化，在栅界面上形成导电金属氧化物。这种新颖的栅金属工艺使其电导性能得到提升，器件经过 $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的退火

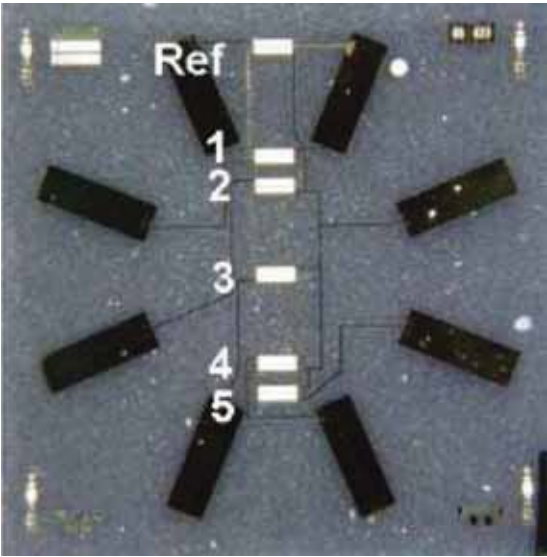


图4: 鼓膜压力传感器采用了几个HEMT器件作为传感单元。该传感器能测量80 bar以上的压力。

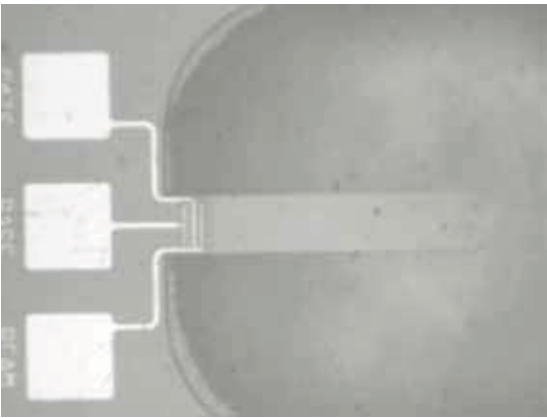


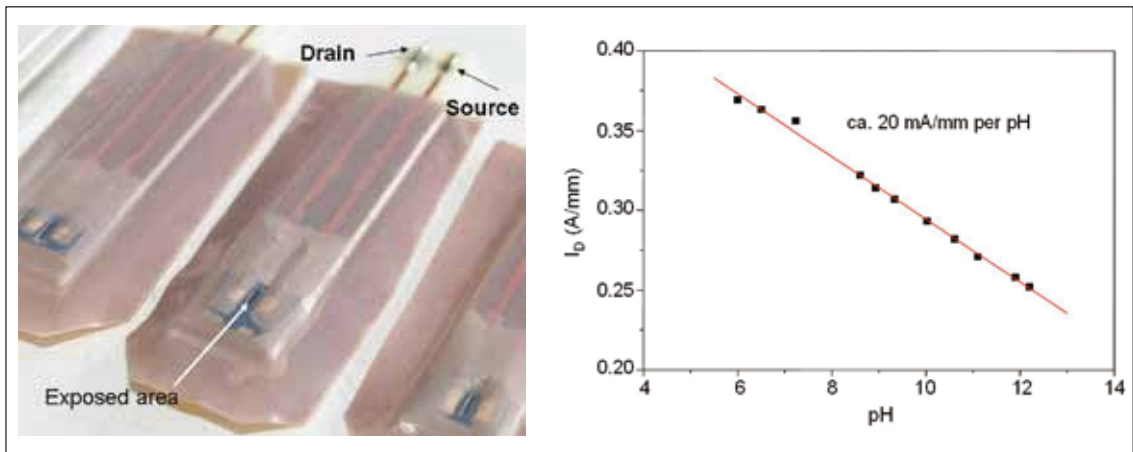
图5: 用GaN制作悬臂梁结构的光学显微照片。

工艺后，其良好的传输特性并没有退化。

在高达 60bar 的压力环境下对这些传感器进行测试，表明其漏源电压会随着压力的上升而以 $0.02\%/bar$ 的比率线性地下降。这一结果与 MORGaN 项目开发的有限元模型相符合，揭示了任何因压电弛豫和不完美的夹持都会导致上述的线性关系出现偏差。当这种传感器被封装在一个特制的封装体中时，它能在 $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度、高达 80bar 的压力环境下正常地工作。

MicroGaN 项目所进行的工作已经能在硅衬底上来制作 AlGaIn/GaN 悬臂梁。在该工艺中，在从悬臂梁下方进行选择性的干法刻蚀去除硅衬底之前，悬臂梁结构就已经被确定。芯片设计包括有一个温度传感器和在一个 Wheatstone 桥中的两个悬臂梁结构。传感器可以测量其中一个悬臂梁的挠曲量，而另一个悬臂梁则是作为参照以补偿它们的温度效应 (参见图 5)。对该传感器的测量是在 $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度下和一组挠曲量范围中进行。

图6: (a)封装好的InAlN/金刚石离子敏场效应晶体管, (b)InAlN/纳米晶体金刚石电化学传感器的漏极电流稳态值与pH值的函数关系。



酸碱 pH 灵敏

MORGaN 项目的另一项工作就是由 Ulm 理工大学研发的离子敏场效应晶体管(FET), 它的结构特征是在 AlInN/GaN HEMT 器件上采用了金刚石电极。这些化学传感器既可以制作成一个单芯片的集成电路, 也可以制作成一个混合方式的集成电路。在这两种设计中, 都将纳米晶体金刚石电极暴露在电解质中, 并且在采用混合集成电路设计方式时, 该电极时也同时也与外部的 AlInN/GaN HEMT 相连接。这种异质结构必须具有可承受进行纳米晶体金刚石的热沉积工艺的热预算, 也就是说, 它们要能在 800℃ 高温下具有几个小时的承受能力。

要构建这些化学传感器, 还需要将 FET 芯片贴装在具有 Cu/Au 导电通路 PCB 板的中心部位。Gwent Electronic Materials 公司为此项任务提供了支持。采用超声楔焊技术来将这些晶体管焊接在 PCB 板上的 48 个焊盘上, 这是一种能将纳米晶体金刚石电极与具有不同几何形状的晶体管进行快速互连的键合工艺技术。它们还采用了合成玻璃层对这种传感器进行覆盖, 使得其在使用过程中(图 6a)也能对器件进行光学显微镜的观察。

测量结果表明该传感器具有可重复的 55mV/

pH 的 PH 灵敏度, 对应于每个单位 pH 值具有 20 mA/mm 的灵敏度(图 6b), 该传感器还具 0.05pH 的高分辨率。该传感器的优点之一就是其快速的响应能力, 这种响应需要有几秒钟的时间, 才能完成电解质的完全混合过程。

热量耗散

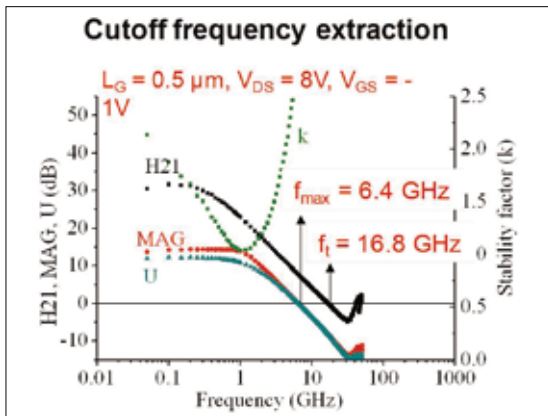
对 GaN 基 HEMT 器件涂覆金刚石层所具有的潜在性优势的认可已经有好多年了, 这种涂覆可以形成一个对恶劣环境的抗腐蚀保护层, 还能产生一个理想的散热效应来对器件进行强制性冷却。要将这种潜在性能优势转化为现实, 就需要在温度超过 700℃ 的富氢自由基环境条件下进行纳米单晶或多晶金刚石薄膜的沉积, 这就要求这种 HEMT 器件要具有极其稳定的半导体异质结构、器件的接触和钝化性能, 因为它们有可能会起到成核层的作用。

Ulm 理工大学应用偏置增强成核技术首次成功地制作了具有 1 μm 厚度的蔓延生长纳米金刚石散热层的亚微米 HEMT 器件。该器件有着十分理想的小信号工作特性, 其电流增益的截止频率 f_t 为 16.8GHz, 功率增益的截止频率 f_{max} 为 6.4GHz(图 7), 这一器件的性能成果为 MORGaN 项目贡献了一个世界纪录。

超大功率 HEMT

功率为 1kW 的晶体管工艺开发是 MORGaN 项目的另一个研究成果。为了尝试达到这一输出功率的目标, 来自 III-V 实验室的研究者们在半绝缘的 SiC 衬底上制作了边长为 36mm、栅长为 0.7 μm 的 HEMT 器件(图 8)。这些晶体管有着以下结构特征: 在 SiC 衬底上生长 2 μm 厚的 GaN 层以及 10 μm 厚的 InAlN 层。通过优化

图7: 带有1 μm 厚的纳米晶体金刚石散热层、尺寸为2x0.5x75 μm^3 的 HEMT器件, 它的电流增益(h_{21})和功率增益(MSG/MAG)与频率间的函数关系, 其偏置条件设定为 $V_{\text{ds}}=8\text{V}$ 和 $V_{\text{gs}}=-1\text{V}$ 。



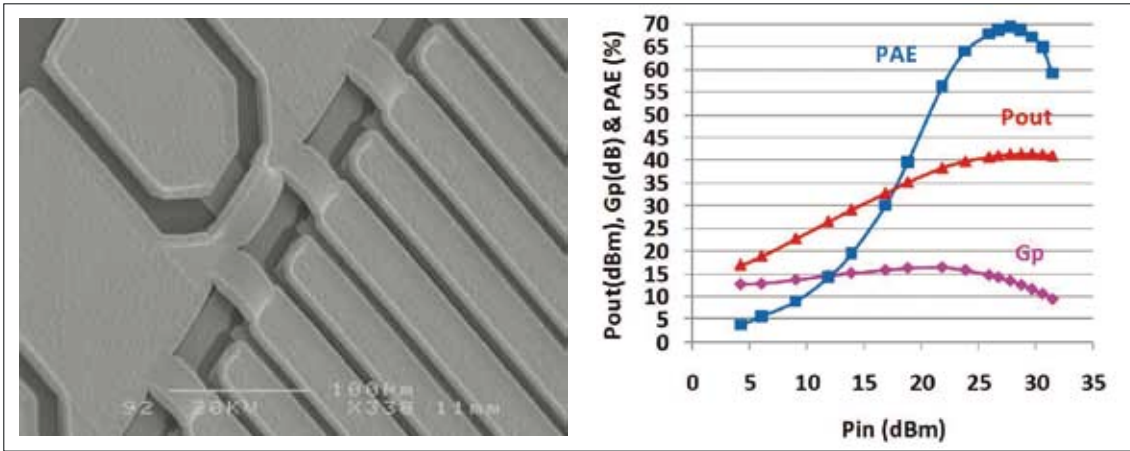


图8: (a)可工作在L到S波段、具有边长为36mm、栅长为0.7 μm的HEMT功率条器件 (SEM照片)。 (b) Pout = 41.2dBm (13.2W - 6.6 W/mm) 时, PAE值为70%, 在3.5GHz、Vds=35V条件下在晶圆上的Gp测量值为13.4dB (边长为2mm的器件以及采用窄脉冲驱动设置)。

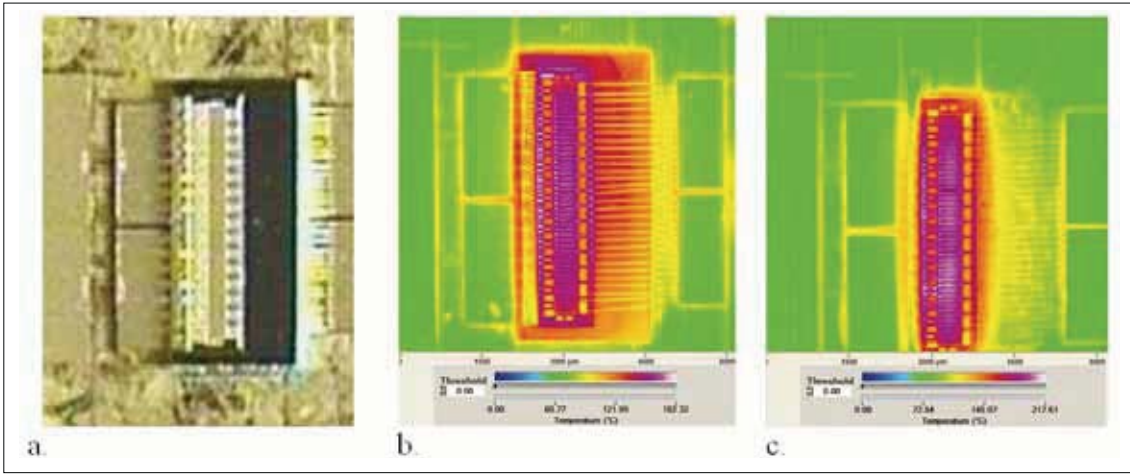


图9: (a)采用厚度减薄至100 μm的SiC衬底、贴装在TM180金刚石薄片(图中黑色部位)上的边长为36mm InAlN/GaN HEMT器件的光学显微照片。该功率条在CW条件下能以3.5 W mm⁻¹这一设定值进行热功率耗散, 整个组装置是贴装在一个温度保持为62℃的一个夹具上。 (b) (a)图中功率条的显微红外热成像照片。 (c)其SiC衬底厚度为400 μm但没有散热器的一个类似功率条的显微红外热成像照片。

器件的形貌拓扑结构来保持器件的微波功率增益以及来应对器件的过热问题。由于工作频率的影响, 相对于其本身所释放的热量来说, 这些器件趋于能耗散更多的热量。当器件由 10 μs 的脉冲驱动时, 边长为 2mm 的基本器件单元就能输出 13.2Wmm⁻¹ 的功率, 其功率效率值 (PAE) 为 70%。当切换到连续波驱动模式时, 由于存在着自加热效应, 使得功率效率值 (PAE) 降到了 55% 左右。为了改善这些功率条的热环境, 它们是贴装在由 Element Six 提供的多晶金刚石贴条带上。(具体实例参见图 9)

在进行贴装之前, SiC 衬底需要减薄到 100 μm 以改善其热管理性能: 因为 SiC 的热导率为 450Wm⁻¹K⁻¹, 要比高质量多晶金刚石的热导率小四倍。

热红外成像分析显现了高热导工艺平台的优势。将一个边长为 36mm 的功率条贴装在一个金刚石散热器上, 它在一个温度维在 62℃ 的夹具上的热耗散能力为 3.5 Wmm⁻¹, 此时其导电沟道的温度最大值为 173℃ (图 9b)。对于一个相类似的 400 μm 厚衬底的功率条, 如不将其贴装在金刚石

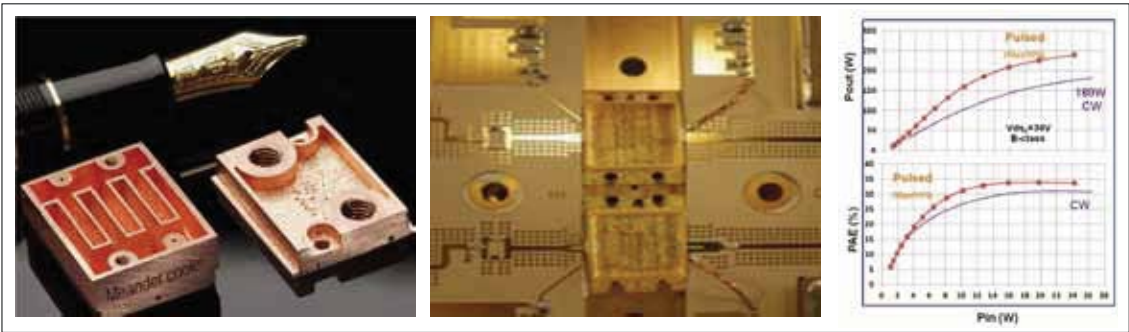
散热器上, 那么其导电沟道的温度最大值将会增至 214℃。

采用动态热交换器有可能来进一步改善器件的热管理能力, 其工作原理是通过将水注入一个具有很大表面积的空洞中来增加热量的交换。III-V 实验室和 Swerea IVF 公司已经设计出了这种热交换器系统, 并由 FCubic 公司运用他们的三维加工能力已成功地制造出了该种热交换器系统 (图 10)。上述公司对 MORGaN 项目的最新贡献是开发了一种新的工艺, 即采用薄层加工方式来制作高精度的铜部件。这样就能制造出热阻实验值为 0.16℃W⁻¹ 的热交换器, 这是一个令人不可思议的低热阻数值, 它可以帮助 HEMT 器件来散发高达几百瓦的热能量。

利用这种热交换器, 研究者们已经制造出了 2GHz 的放大器, 它包括有 36mm 边长的两个功率条, 能提供 200W 的输出。当切换到脉冲运行模式时, 该器件可以提供 250W 的输出功率, 这已是目前 InAlN/GaN 异质结器件所能达到的最高功率输出记录。320W 是器件工作的功率极限, 此时 PAE 为 35%, 根据逆向分析, 这相当于在器

技术 | Technology - GaN晶体管

图10: (a)由三维加工制作的铜热交换器, (b)工作在200W L波段的InAlN/GaN HEMT器件的局部照片, (c)包含两个边长为36mm器件的放大器在2GHz下的输出功率和PAE, 采用的是10 μ s脉冲和CW工作模式进行负荷周期的检测。上曲线: 输出功率; 下曲线: PAE。



件级别时 PAE 为 55%。这些令人吃惊的成果还只是 MORGaN 项目众多研究的亮点之一, 但已经使 HEMT 器件在材料、传感器, 微波器件和封装上得到了很大的改进。

本文只涉及了 MORGaN 项目中的几个具有重大突破意义的研究成果, 更多详情请登陆

MORGaN 公共网站 <http://www.morganproject.eu>。

扩展阅读

Europe turns to AlInN to push the limits of transistor and sensor performance, Compound Semiconductor Nov&Dec 2009, p.27

上接第28页

果会更为显著。这所带来的好处要远远大过降低逆变器尺寸或者体积, 因为牵引机车对于空间的要求没有那么苛刻。相对而言, 可以说发动机的噪声更加令人担忧, 增加开关频率则可以很好的降噪。

SiC 器件要想能够有所作为, 必须要做到, 降低价格, 消除可靠性方面的担忧, 提高功率模块的额定电流, 尤其是纯 SiC 器件的功率模块。过高的价格是最大的阻碍, 并且价格要降低到能够大规模应用将会是一个长期的过程, 需要数年的时间。

其他应用领域

宽禁带器件还有一些其他的应用领域。高压 SiC 器件可以用在军事及航天工业, 钻探和开采, 医疗设备以及其他一些工业领域。与此同时, 低压的 GaN 器件应用领域包括: 电信和数据通信网络和服务器上的高端二次侧开关模式的电源, 包括载荷端子的直流转换直流, 以太网的电力供应以及其他诸如无线充电等未来具有增长潜质的新兴技术领域。

我们的观点是 SiC 功率器件最大的应用潜力是在军事以及航天工业上。在航空工业中, SiC 功率器件可以被用于航空器内的电力分配; 低压端是 MOSFET, 1200V 的硅 CMOSFET 可以被用来替换高压端的接触器。SiC 功率器件最大的好处是增加了功率密度, 这会使得开关频率增加 5-10 倍, 这样大小和重量都可以减少, 器件也可以在更高温度下工作, 冷却 / 散热器也相应减小, 重量减轻。

GaN 器件也将会在一些应用领域大放异彩, 这些领域

主要是替代低压硅基 MOSFET 以及一些需要提升功率转换效率的领域。预期在大范围的直流 - 直流电源市场 GaN 器件很有市场: 例如网络电源、载荷端子转换器、48V 电信电源装置、12V 或 48V 服务器电源、医疗设备和包括基于 LED 之类的各种形式的照明设备。

GaN 器件在一些其他领域也同样有市场前景。一旦宽禁带的低压 GaN 器件能够匹配硅基 MOSFET, 那么它将在一些高端二次侧开关模式电源, 如家用 / 商用电脑、笔记本和平板电脑等领域被广泛采用。此外, 600V GaN 器件还可以应用在诸如电动自行车、主流驱动器和逆变器等方面。更重要的是, 研究人员正在研究将 GaN 器件应用于太空及军事领域, 这是因为 GaN 材料的固有辐射特性要优于硅。GaN 功率器件之所以备受瞩目, 是大家期望她能够形成颠覆性的技术突破, 在商业化上打败传统的硅工艺器件。这样的应用领域包括了无线充电、数字功率转换器和射频追踪装置等。

抢占市场份额

由于 SiC 和 GaN 功率器件在一系列领域的巨大潜力, 这类器件的销售额增长速度已经超过了功率器件市场整体增长速度。尽管从去年来看宽禁带材料的销售额还不到整个功率半导体销售收入的 1%, 但是我们可以预期, 只要这类材料的成本控制持续下去, 并且器件的长期可靠性得到验证, 到 2021 年, 这一市场的销售额将达到 30 亿美元——接近整个功率半导体市场份额的 9%。换句话说, 未来十年这些器件在功率器件市场将会有数十倍的规模增长。

突破光伏芯片的限制

传统的三结光伏电池芯片的性能因电池脆性、刚性及低效率而存在一些问题。MicroLink 公司利用外延迁移技术 (epitaxial lift-off technique)，实现了砷化镓 (GaAs) 基的超薄电池芯片的全晶圆、规模化生产，成功的解决了上述问题，——Richard Stevenson 报道。

长期以来，多结太阳能电池的开发者们一直致力于在电池中掺入新物质，以求提高电池效率，改善性能。然而，其他途径同样可以使产品更具吸引力，诸如减轻重量，提高鲁棒性，减少成本以及改善柔韧性等。

如今，一家名为微链接设备 (MicroLink Devices) 的公司利用一项技术，可以让高效率太阳能电池的性能在上述方面都有所改进。微链接公司成立于2000年，坐落在伊利诺斯州芝加哥北部郊区的奈尔西市。公司的主要经营领域是利用MOCVD (金属有机化合物化学气相沉积) 技术为手机以及其他无线设备提供外延晶圆，然而，在过去的五年间，该公司也在研发一项晶圆规模的外延迁移工艺。如今，他们成功制造出了可包含1-3个电池的超轻光伏芯片。

这种全新的电池芯片可以覆盖在柔韧的金属衬板上，其性能表现十分值得期待。重复的测试结果表明，公司制造的1cm²电池的最佳转化效率在太空(AM0)可达31%，在地面(AM1.5)则为33.9%；而且，将电池规模扩大到20cm²，效率仅下降1%。这种高效率且极轻的光伏芯片有望成为卫星用电池的强力候选产品。此外，由于电池的可变性，这种芯片也可以包裹在电池供电的无人驾驶航空器(UAV)机翼上侧，从而延长航空器的持续飞行时间。

美国空军研究实验室 (US Air Force Research Laboratory) 也慧眼捕捉到了这种芯片的巨大潜力，他们已经在为一个相关的研发项目提供资金支持。如果项目研发能够大获成功，其应用价值将远远不局限于军事领域——例如，对地产行业而言，无人驾驶航空器也是测量广袤土地的一种高效手段。

另外，由于价格低廉，这种芯片也可能成为地面聚光光伏市场的有力竞争产品。电池成本上的优势源于制造过程中砷化镓(GaAs)衬底可以重复利用，制造后分离出的衬底只需轻微加工就

可以再进入MOCVD设备反应室，重新使用；并且，使用再加工的衬底对芯片的性能没有影响。

“衬底的成本是芯片生产成本的一大组成部分，”微链接制造厂主管Chris Youtsey解释说。

“衬底重利用的次数，取决于每次重加工时削除的金属厚度，以及损坏的频率。”

Youtsey表示，将衬底晶圆重利用次数提高到十次是一个合理的目标。他指出，一次重加工只会减少10微米的晶圆厚度，而将GaAs衬底削薄100微米左右应该不会影响其高质量外延结构的沉积。尽管更多的重利用次数在理论上可行，但结果却是收益递减，付出与回报不成比例。

剥离

事实上，微链接运用的这项外延迁移技术并

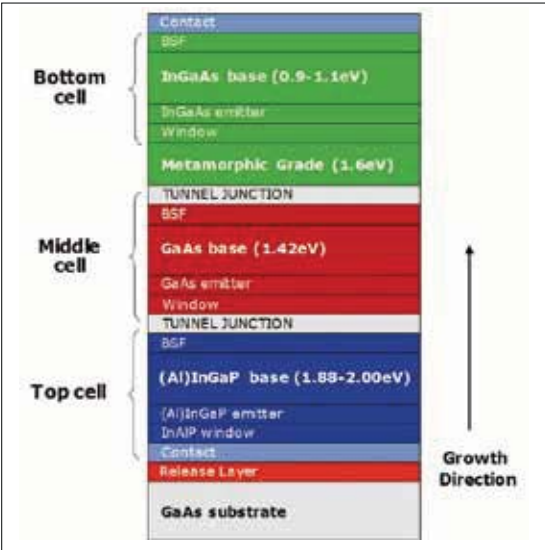


图1: 微链接的反向变质电池构筑在GaAs衬底上。使用氢氟酸刻蚀掉5纳米厚的AlAs牺牲层，可以分离衬底与外延层。

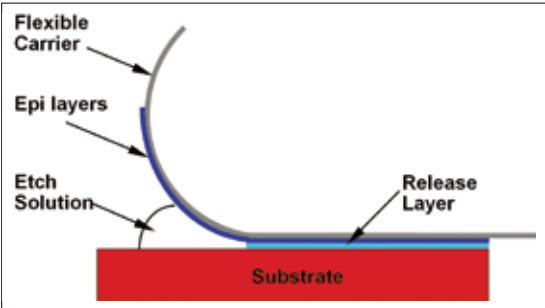


图2: 具有韧性的金属载体与电池外层贴紧后，GaAs衬底经氢氟酸刻蚀与外层分离。

技术 | Technology - 光伏技术

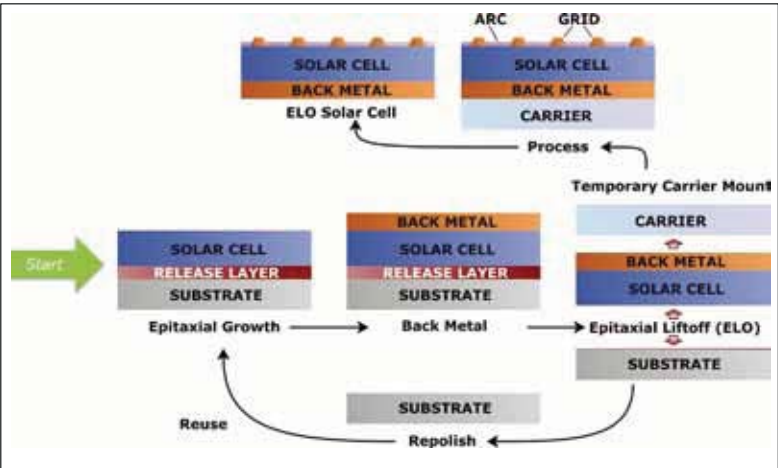


图3: 生产流程以在GaAs衬底上生长AlAs牺牲层和电池层开始。经氢氟酸刻蚀后，GaAs衬底被重加工，再次使用；太阳能电池及背垫金属复合物则临时黏结在载体晶圆上，便于进一步制造芯片。

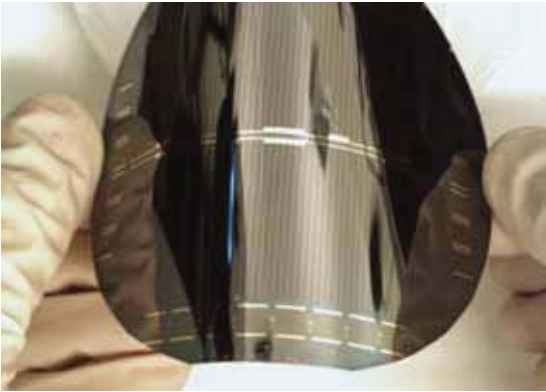


图4: 微链接利用外延迁移技术制造的4英寸太阳能薄膜电池，由薄且柔軟的背垫金属及附着其上的2个20cm²的太阳能电池元件构成。

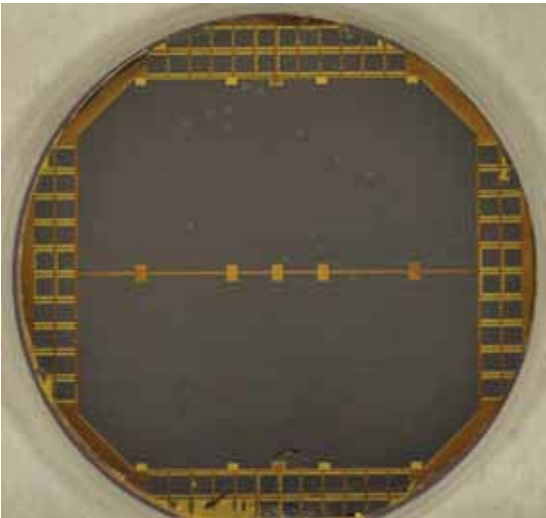


图5: 微链接利用外延迁移技术制造的两块基于6英寸GaAs晶圆的61cm²三结太阳能电池芯片。

不新奇。早在1978年，日本东京工业大学（Tokyo Institute of Technology）的研究小组就发表了一篇利用“剥皮（peeled film）”技术制造高效率GaAs太阳能电池的论文。在80和90年代，贝尔通信研究所（Bell Communications Research）的Eli Yablonovitch进一步揭示了AlAs相对GaAs极佳的刻蚀选择性。最近15年，拉德伯德大学（Radboud University）以John Schermer为首的研究小组更是将相关研究推上了崭新的层次，并发现

现了提高刻蚀比的新方法。然而，外延迁移技术本质上还是一项耗时较长的工艺，Youtsey提到：“这不是秒或分钟的概念——而是以小时计。因此，如果想要高产量，必须做到批量生产。”

批量生产是微链接设备在外延迁移技术上实现的两大突破之一，公司的研发小组有研发大规模GaAs制造的经验，成员包括曾工作于TriQuint半导体公司的工程师。2011年，作为试验性项目，微链接生产了1400个4英寸晶圆，并且实际产量还可以更高——每个蚀刻槽都有每月生产1500个晶圆的潜力。Youtsey声称，他们在技术上的第二大突破是对工艺的简化——制造过程中不再需要重物去分离衬底和外延层：“我们独家发明了一种牺牲层技术，利用它可以有效实现批量生产。”

微链接首先利用MOCVD技术生长一种包括InGaP，GaAs和InGaAs三个子电池的反向变质结构，同时，在衬底和三结电池中间再夹杂一层5纳米厚的AlAs层。

随后，将一层薄且可弯的载体层附着在最外层的外延层上，再将这种复合物浸入在浓缩的氢氟酸中，使得牺牲层被氢氟酸选择性溶解——原因在于AlAs与GaAs的刻蚀选择比超过10⁵。刻蚀约12个小时后，金属载体以及太阳能电池外延层就与GaAs衬底完全分开了。接下来，工程师将这些外延迁移下来的金属薄片覆盖在临时的硬性载体上，这样，分离出的晶圆就可以用来进一步制造光伏电池芯片。下面的制造工序包括对金属欧姆接触的蒸发和剥离，湿法刻蚀剥离，双层介质膜制造的抗反射涂层的蒸发，以及将晶圆切割成独立的小片。最后只要让太阳能电池从临时载体上脱离，电池元件即制造完成。

这项外延迁移技术不会损害电池的质量。在美国国家可再生能源实验室（National Renewable Energy Laboratory）为之拍摄的电池透射电镜照片上，工程师没有发现任何脱层，裂缝，螺旋位错或孔隙。电池的无裂缝与无瑕疵是生产大面积电池的关键条件。

基础更好

微链接制造的反向变质结构包括：基于InGaAs的底电池，具有可从0.9eV调整到1.1eV的能带隙；能带隙为1.42eV的GaAs中电池；以及

能带隙可从1.88eV调整到2.00eV的（Al）InGaP 顶电池。“我认为这种电池结构几乎是最佳选择了。” Youtsey表示。为评估重加工对电池质量的影响，公司的工程师用25块未使用过的衬底制造1cm²电池，然后将其重加工并再制造电池四次。实验结果表明，重加工三次的衬底平均沉积效果与原始衬底没有显著区别。

如果这种电池要为太空飞行器供电，就必须要做到能抵抗各种形式辐射的冲击。Youtsey认为他们的电池足以满足要求：“这些外延迁移电池的组成成分，比如InGaP，GaAs和InGaAs的抗辐射性能与他们物质本身的抗辐射能力一脉相承。”

扩增电池面积同样对性能表现没有影响——美国宇航局Glenn研究中心（NASA Glenn）在AM0的光谱条件下，对1cm²和20cm²电池都普遍测量出了29%的转化效率。

微链接将30个大电池经银基箔带互相连接，再在两侧覆以透明薄板，就制造出了具柔韧性的太阳能薄板。这种复合产品极为柔韧，可以包裹在弧形结构例如太阳能飞机的机翼上。该产品的另一大特色是比功率极高，其值超过400W/kg。

Youtsey表示，传统的三结150微米厚锗电池至少是这种电池的四倍重。“从实际应用的角度来讲，这一点非常重要。”此外，以锗作为衬底的传统电池也非常脆弱。“你必须建造一家晶圆厂才能保存那些电池。” Youtsey解释说。

更大更强

微链接同样使用6英寸的GaAs晶圆制造出

了面积达61cm²的芯片。制造如此之大的电池的一部分原因在于试图证明这种工艺的优越性。

“当然，在电池板组装方面，大电池也有自己的优势：元件更少，连接更简单。” Youtsey解释道。

然而，目前微链接的主要着手点并不在制造越来越大的电池上，而是试图精简生产流程，并提高转化效率。如果研发能够成功，批量生产将会更容易，产量也会扩增。在转化效率的努力上，研发小组主要致力于提高开路电压和填充因子；原始材料质量的改善同样可以提高效率。今后还可以通过制造四结或五结电池进一步增进效率，但Youtsey也承认这种方式还比较难以应用到大规模生产中。

对于这种新型电池，微链接目前还处于试验生产的阶段，公司计划在未来两年内全面实现商业化。一旦跨过商业化的里程碑，电池的面市将会令多结太阳能电池的买主们开始权衡新问题，之前，选择光伏产品只需考虑效率，性能稳定性及价格；但以后，重量，柔韧性，鲁棒性在内的一系列因素都将纳入产品的比较范围内。

热光伏行业

对任何衬底成本高昂的光伏产业而言，微链接的外延迁移技术都将是一个极有吸引力的制造途径，其中一个典型例子就是热光伏行业。热光伏电池使用InP做衬底，其作用是将热能转化为电能。减少生产热光伏电池所需的InP衬底将极大减少芯片生产成本，因为InP衬底的成本比GaAs衬底要高差不多整整一个数量级。☞

CHINASSL2012 引领 LED 行业先趋

作为全球LED产业顶级盛会，第九届中国国际半导体照明论坛暨展览会（CHINASSL2012）将直击产业博弈焦点，解读最新趋势动态，展示前沿技术成果与设计精品。

CHINASSL2012 将于11月5-7日在广州召开，将推出7场技术分会，关注LED产业链各个细分环节的前沿技术成果。为期三天的展览会，现场首次推出“光·明”演示厅，云集了LED照明应用端各大品牌厂商在商业照明领域的主打产品与未来趋势发布，参与的知名厂商有曼佳美（Megaman）、三星（Samsung）等。为了呼应本届展览会的商照主题，展会现场还将举办“第五届中国照明设计主场辩论赛”、“绿色照明设计国际论坛”、“LED 产品与技术交流会”等系列活动。

“光·明”演示厅作为一个独特的商照产品展示平台，是从照明设计的角度出发，以 LED 灯源为创意元素来打造多种商业空间下迥异的照明效果，将赋予现场观众身临其境之感。

CHINASSL2012 期待与您相聚广州，共拓半导体照明产业发展之路！



绿光 II-VI 族激光器输出功率大幅提高

一种新型的材料体系能够输出波长为 536nm 的大功率连续激光，其为微型投影仪中绿光光源的理想波长。

一支日本研究团队打破了他们自己曾经创造的绿光激光器连续波输出的纪录，使用的是基于铍 (Be) 的 II-VI 族化合物材料。

由日本日立公司 (Hitachi) 和国家产业技术综合研究所 (AIST) 的研究人员组成的团队推出的最新绿光激光器，具有新的器件结构以及改进的器件材料质量，输出功率可达 70mW。这一输出功率值与他们之前创造的纪录相比可谓是巨大的提高。该团队曾与 Sony 合作于 2010 年制造出 545nm 波长的激光器，当时的功率纪录为 1.5mW。

对 InGaN 基激光器来说，基于 Be 的激光器是具有相当吸引力的替代方案。AIST 的 Ryouichi Akimoto 解释道，InGaN 激光器针对的市场是微投影仪中的绿光光源，但相对较短的发射波长会影响红 - 绿 - 蓝激光显示系统的色域。当工程人员试图将氮化物激光器的发射波长推至 530nm 甚至更高时，阈值电流密度会大幅攀升，降低效率。

另外为了增加 InGaN 激光器的发射波长需要提高材料中 In 的组分，而这也进一步增加材料的制备难度。上述困难使 Nichia(日亚) 公司推出的

第一支商业绿光氮化物激光器的波长不得不缩短至 510-520 nm。

日亚的激光器制备是在极性 GaN 衬底的 c 面上。Sumitomo 公司率先使用半极性面，能够将 GaN 激光器的波长推至 530 nm，但也会相应的增加制造成本。

“我没有半极性 GaN 衬底价格的确切数字，但我认为它们的价格应该比半极性 GaAs 衬底高一个数量级，[我们在制造 Be 基材料激光器时使用后者]，这将使 II-VI 族材料激光器的成本与 InGaN 基材料的相比具有显著的优势”，Akimoto 表示。

上世纪 90 年代初，在 GaN 取得重大成功之前，II-VI 族材料被认为是实现蓝光和绿光激光最有希望的材料。但由于合金中含有大量的离子键，材料系中的缺陷很容易扩展，导致器件寿命只有 500 小时左右。

Akimoto 及其合作者研制出的激光器与 1990 年代的 ZnSe 基器件相比取得了显著的进步。他们的器件材料中也含有 Be，因此增加了共价键，可能可以延长激光器的寿命。

但是其寿命提升并没有定量。Akimoto 说：“根据索尼 2000 年发表

关于蓝绿激光器的综述文章，激光器外延层中晶体的缺陷密度好似决定 II-VI 族激光器寿命的关键因素。由于我们的激光中晶体缺陷密度仍然较高，基于上述报告，它们的寿命应该不会太长。”

该团队的 536 nm 波长增益导引激光器使用湿法刻蚀 p 型接触区形成一台面结构。使用蒸镀制作 Ti/Pt/Au 和 AuGe/Ni/Au 电极，劈裂后可得到 800 μm 长的空腔，并具有 7 nm 厚的 BeZnCdSe 量子阱。

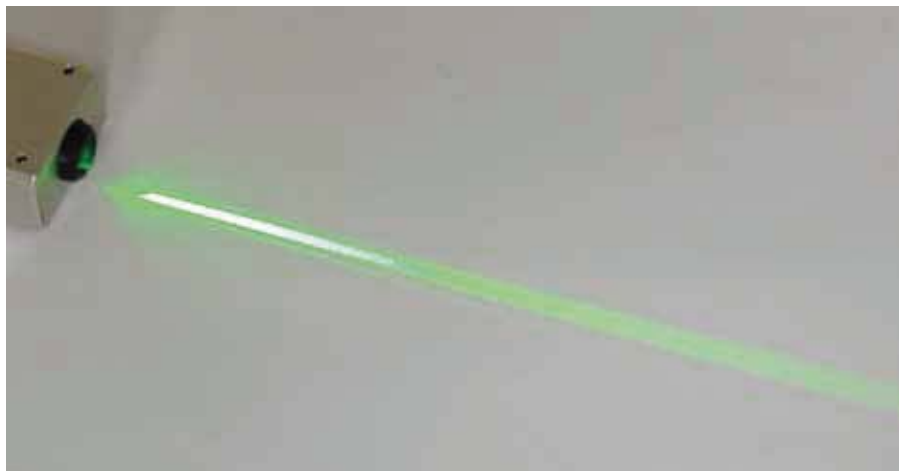
激光芯片中的台面有 2 μm 宽，前后两端面的反射率为 90%，在 25 $^{\circ}\text{C}$ 下 CW 模式工作时的阈值电流和电压分别为 55 mA 和 9.8 V。当驱动电流为 118 mA 时，激光输出功率为 50 mW，当前端面的发射率降至 70% 时，输出功率可增加至 70 mW。

Akimoto 相信降低上述激光器的工作电压是可能的。“我们相信 p 型接触区和 p 型熔覆层还没有被优化，因此电阻还是相当高的。我们希望优化后阈值电压可以降低至 5 V。”

为了使他们的激光器适用于微投影仪市场，Akimoto 团队试图努力使输出功率 50 mW 的器件寿命达到 2000 小时，阈值电压 5V，阈值电流密度 1 kA cm^{-2} 。

“改善寿命是最重要的挑战，”Akimoto 坦承，“我们认为达到此目标的关键是降低 p 层中的晶体缺陷密度，以及充分利用‘铍效应’，它将提高 BeZnCdSe 有源层中化学键的强度。”

S. Fujisaki et al. Appl. Phys. Express 5 062101 (2012)



Hitachi 与 AIST 合作研发的 536nm 波长绿光激光器输出功率可达 70mW。





强大的量子级联激光器延伸至更短波长

应变平衡的量子级联激光器连续输出功率超过 500 mW，而波长短至 3.4 μm 。

美国伊利诺伊州西北大学 (Northwestern University) 的工程师们将强大的量子级联激光器 (QCL, Quantum Cascade Laser) 的输出光谱延伸至更短波长范围。

之前连续量子级联激光器的最短输出波长是由康宁 (Corning) 于 2011 年底报道的，为室温下 40 mW 输出功率波长为 3.55 μm 。这一纪录终于被打破，新的纪录创造者是一对高度应变平衡的基于 InP 材料的 AlInAs/GaInAs 量子级联激光器，在室温条件以连续模式驱动时，输出波长为 3.39 μm 时的功率达到 504 mW，输出波长为 3.56 μm 时功率可到 576 mW。

这些强大的激光器能用于远程探测及干扰。在前一种应用中，量子级联激光器能发现许多种碳水化合物的存在，由于碳-氢键的拉伸模式，碳水化合物在 3.3–3.6 μm 波长区间光吸收很强。这些有机材料包括了神经性毒剂，例如沙林，梭曼和塔崩等毒气，以及某些爆炸性物质。

对于干扰应用，西北大学研究小组组长 Manijeh Razeghi 解释道，“许多导弹的引导头使用 3.0–3.5 μm 波长区间来寻找热的金属物体。而相同波长区间的激光器能迷惑导弹引导头使其不能正确捕获目标。”

另一类发射波长约为 3 μm 的激光器为带间级联激光器 (Interband Cascade Laser)。然而这类器件与量子级联激光器相比，其工作性能受温度变化的影响非常大。在此之前，短波长量子级联激光器的温度不灵敏性要落后于长波长量子级联激光器。但西北大学最新的激光机显著地弥合了该差距。

“我们相信我们的成功要部分归功于更好的电子约束以及三重有源区，” Razeghi 解释。

量子级联激光器的研究者们已经以三种不同的材料体系研制出了室温脉冲模式量子级联激光器：InAs/AlSb/InAs，GaInAs/AlAs(Sb)/InP 和 GaInAs/AlInAs/InP。Razeghi 与她的合作者们使用了上述的最后一项，因为它能得到最佳的材料质

量，并且最适合商业器件的制造。“现有大量设备都是专门用来生长不含 Sb 的 InP 基化合物，” Razeghi 表示，另外的设备系统要处理含有 Sb 的工艺制程，需要经过大量的改造工作以及工艺开发。她与同事们制造的量子级联激光器输出范围覆盖从 3 μm 一直到太赫兹。

当 GaInAs/AlInAs 结构与 InP 的晶格相匹配时，量子阱的深度仅为 505-520 meV，不足以约束电子使量子级联激光器的输出低于 6 μm 。通过改变材料组分可以大幅度增加量子阱的深度，使用 InAs 代替 GaInAs，AlAs 代替 AlInAs。但是更改后的材料体系与 InP 的晶格不再匹配，破坏了制造器件的前提条件——生长高质量薄膜。

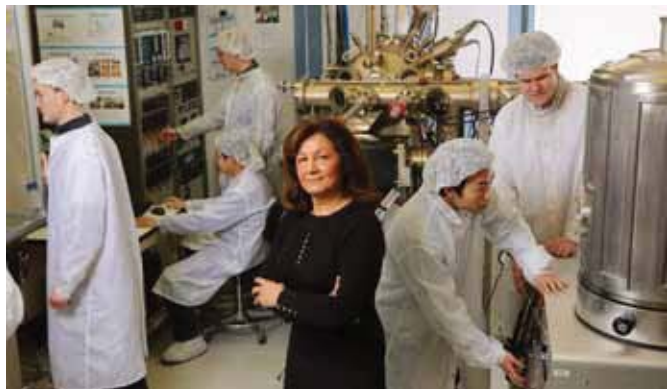
“要使生长出的器件具有深量子阱，界面优良且没有位错，必须将富含 InAs 材料的压应变与富 AlAs 层的拉应变（在一个级联层尺度上）相平衡，” Razeghi 解释。这些应变平衡层具有约 1 eV 的深度。“从而使我们能够很好地对电子进行约束，达到与之前相比短得多的发射波长。”

使用这种方法能制备具有双通道脊状波导的量子级联激光器，输出波长达到 3.39 μm ，宽度为 8.6 μm ，激光谐振腔 5 mm。使用重复频率为 100 kHz 的 500 ns 脉冲进行驱动，该激光器能在室温下输出 1.1 W。更换连续模式后，在 15 $^{\circ}\text{C}$ 、25 $^{\circ}\text{C}$ 和 55 $^{\circ}\text{C}$ 使的输出分别降至 504 mW、403 mW 和 88 mW。输出波长为 3.56 μm 的量子级联激光器脊宽 10.5 μm ，当在脉冲模式下驱动时输出功率可达 1.66 W。而当它在连续模式下工作时，15 $^{\circ}\text{C}$ 、25 $^{\circ}\text{C}$ 和 55 $^{\circ}\text{C}$ 温度条件下的输出功率分别降至 576 mW、437 mW 和 45 mW。

通过采用沉埋式异质结几何结构，能够缩小脊部的宽度，减低光损失，提高热导率，从而进一步改善量子级联激光器的性能。性能的改善可体现在若干方面：阈值电流下降；梯度效率提高，从而输出功率也更高；在所有驱动电流条件下内部温升更低。从上述性能提升获得的两个主要好处是：功率饱和和电流密度提高，阈值电流降低，即使是在高温条件下也同样如此。“这自然导致连续模式下更高的工作温度，” Razeghi 总结道。

Razeghi 与其同事一道在不断努力改进材料的同质性，这将能改善量子级联激光器的性能。“我们正在试图系统性地寻找非同质性的原因。包括反应设备硬件的局限性，生长条件以及界限效应。”

N. Bandyopadhyay et al. Appl. Phys. Lett. 100 212104 (2012)



Manijeh Razeghi 的研究小组在 InP 基上制备强大的量子级联激光器。



对 LED 效率降低的一种无懈可击的解释？

LED 效率降低的实验测量结构可通过包括载流子泄漏的模型得到重复。

美国纽约州伦斯勒理工学院 (Rensselaer Polytechnic Institute, RPI) Fred Schubert 研究组与韩国三星 LED 的合作团队宣布了他们对于 LED 效率下降问题新的全面的解释。该团队对于效率下降 (随着驱动电流的增加 LED 的效率反而下降) 的理论模型是基于器件有源区电子的外泄。

“我们的模型能够完全描述效率下降的所有方面,” Schubert 表示。这包括与温度相关, 与载流子密度的三阶和四阶项相关, 以及上述效率受限现象在不同材料系统中的量级规模, 例如基于 GaN 和 AlGaInP 的材料系统等。

电子和空穴输运的强烈非对称性特性是模型的基础, 它包括了极化效应。“极化场降低了电子阻挡层的有效势垒高度, 因此使电子泄漏变得更加容易,” Schubert 解释。

关于 LED 效率下降的原因一直以来都具有很大的争议, 一些研究小组认为其主要由俄歇复合 (Auger Recombination) 引起, 这一过程包括三种载流子。俄歇效应的影响也包含在了 Schubert 团队的模型中, 其与载流子密度的三次方成正比。将该模型与实验数据进行比对可以看出俄歇复合项系数的量级为 $10^{-31}\text{cm}^{6\text{s}^{-1}}$, 比载流子漂移泄漏项小两个数量级, 后者也与载流子密度的立方相关。

“尽管俄歇效应确实存在, 但是它在当下的背景中当然只能算是次级的因素。它可能还可以被忽略, 甚至毫不相关,” Schubert 认为。

他的团队从无到有提出了上述模型, 考虑了大电流注入情形, 此时电子在 p 型区中的漂移导致注入效率的降低。

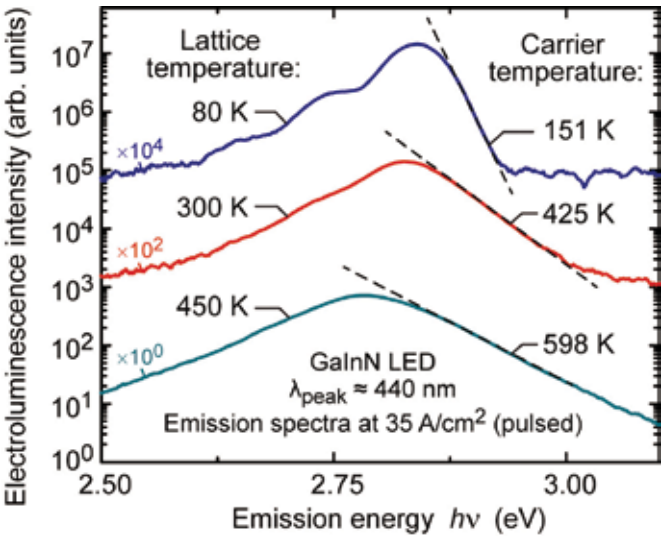


图1: InGaInP基LED的脉冲输出光谱表明其受到材料晶格和载流子温度的显著影响。载流子温度可通过能谱中高能部分的斜率来得到, 因为能量强度与载流子的 $\exp(-h\nu/kT)$ 成正比。

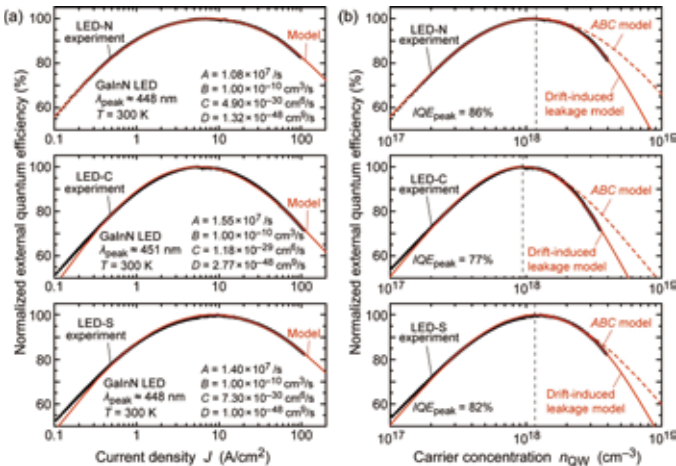


图2: 在大电流密度条件下, 被广泛采用的ABC模型与实验结果不符。与之相比, Schubert团队的模型包含了载流子泄漏损失与载流子密度三次和四次项相关的部分, 能与实验数据很好的相符。

根据该团队的解释, 当 LED 工作在大电流注入条件时效率就会开始下降, 而当 p-n 结材料的电子和空穴迁移率和浓度具有很强的非对称性时, 例如 GaN, 效率下降会更容易发生。

当二极管进入大电流注入条件时, 低导电率的 p 型层上的电压开始下降, 同时漂移电流随着总电流一起增加。在驱动电流很高时, 它会使有源区的注入效率显著降低。这些导致了 LED 效率的下降。

Schubert 和他的同事声称, 有三个原因导致泄漏电流高于可能的期望: 电子温度明显高于晶格温度 (见图 1); 实验测量的通过阻挡层的隧道电流一般超过理论估计; 在 InGaInP led 中, 由于在电子阻挡层和隔离区之间的分界面上存在大片正电荷, 极化场会减少载流子捕获和提高载流子泄漏。

该研究团队使用理论模型拟合出了三个高质量蓝光 LED 的效率 - 电流图 (见图 2), 模型方程包含了由载流子迁移导致泄漏的三次和四次项, 以及俄歇复合的三次项。他们宣称理论结果与三个 LED 的实际发光数据均能非常好地相符, 它们的效率峰值均介于 448 nm 和 451 nm 之间。该模型的结果明显优于被广泛使用的“ABC”模型, 后者不含有四次项。

“理解和掌握了导致效率下降的原因后, 我们就能开发新的工具和方法来减少蓝光和绿光发光器件的效率下降,” Schubert 表示。

G.-B Lin et. al. Appl. Phys. Lett. 100 161106 (2012)



InGaAs 纳米线晶体管超越硅

研究人员开发出了新型的在垂直方向上工作的晶体管，其性能超越了典型的 MOSFET 器件。它能否使更小、更快的电子器件成为现实，Compound Semiconductor 杂志采访了背后的日本研究团队。

日本研究人员制备出了在垂直方向上的工作的晶体管，主要由堆叠在硅衬底上的 III-V 族化合物半导体材料纳米线组成。该器件的性能优于传统的平面 MOSFET 器件，并可望在将来进一步缩小电子器件的体积。

过去几十年来，随着芯片设计师在硅芯片中挤入越来越多的晶体管，传统的微电子器件也变得越来越小。但随着晶体管的不断缩小，性能问题也愈加凸显，电子器件不再能够像曾经那样干脆完全的开关。

随着晶体管的源极和漏极间的距离缩短到只有几纳米，两个端口间的漏电流也成为了大问题。为了降低漏电流，研究人员们尝试了提高晶体管沟道长度、源极和漏极与衬底的距离，制备具有垂直方向上结构的三维多栅极晶体管，例如 FinFET。

但是当 Intel 和 IBM 等半导体巨头们将最新的硅结构集成到器件中的同时，研究人员们希望使用化合物半导体结构来进一步提高器件的性能。

日本 Hokkaido 大学集成量子电子器件研究中心就有这样一个团队。Katushiro Tomioka 及其同事花了几年时间试图将垂直排列的纳米线集成到硅中。2009 年他们宣布了一项技术能在硅上选择性的生长 GaAs 纳米线，并在最近推出了基于新型环绕栅极结构的高性能的垂直型晶体管器件。

实际晶体管的栅极包围在垂直排列的纳米线周围，目

的是更好地抑制短沟道效应，例如漏电流。Tomioka 补充道，这是未来晶体管的方向。

“成熟硅 CMOS 技术的栅极结构已经从平面转变为鳍形栅极，并且早晚会变为采用环绕栅极结构，”他说到。“硅沟道将会被 InGaAs 和 Ge 沟道代替。并且如 Intel 建议的，III-V 族材料的异质集成将成为低功耗和高速 CMOS 的基础。”

为了制备垂直晶体管，研究人员首先在硅衬底上生长了一个由 10 条 InGaAs 纳米线组成的阵列。他们在 As 氛围中对衬底进行了热处理。然后在硅衬底的表面沉积了一层氧化硅薄膜，再用电子束光刻和湿法刻蚀在氧化硅薄膜上形成环形开口。纳米线就通过金属有机物气相外延生长在开口部分的硅上。

“目前，可以使用气 - 液 - 固相方法生长纳米线，但这种方法不能控制它们的位置，”Tomioka 解释。“通过位置定义标记，我们使用区域选择性生长将纳米线排列和集成到衬底上。”

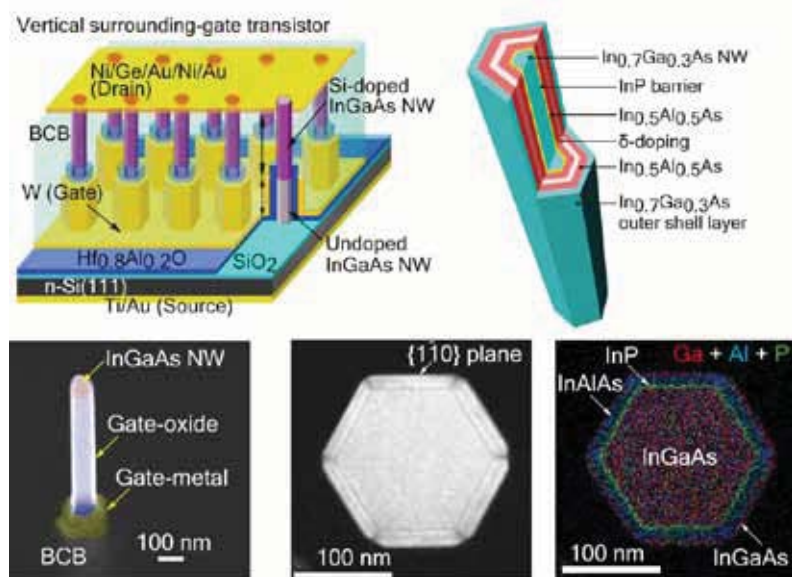
每根纳米线之后都被镀上了一层基于铟氧化物的薄膜，并通过钨金属溅射形成栅极。使用苯并环丁烯聚合物 (BCB) 旋涂纳米线，再以反应离子刻蚀来去掉部分 BCB、钨栅极和铟化合物薄膜，研究人员终于将栅极和漏极分隔开来。最后在上述结构的两端沉积金属漏极和源极，从而形成晶体管。

重要的是，这种制备工艺减少了硅衬底与 InGaAs 纳米线之间的晶格不匹配，晶格不匹配能导致晶相缺陷并影响器件性能。当器件的开关性能超过之前纳米线环绕栅极晶体管后，研究人员知道该器件需要进一步提高性能以满足下一代电子的需求。

牢记这一点，研究人员继续制备其他相似器件，但这一次使用的“核 - 多壳结构纳米线”，也就是在 InGaAs 内核外生长多个 InP、InAlAs 和 InGaAs 层。结果很令人惊讶。

上述器件不仅与最初的硅上 InGaAs 器件相比导通状态电流和跨导大幅提高，而且它的性能还优于典型的 MOSFET。在具有了如此优异的性能后，研究人员现在希望使用相同的纳米线制备 p 型场效应管。

“我们的研究将会成为半导体应用历史上的一个里程碑，”Tomioka 总结道，“这些器件的性能将成为未来硅晶体管技术应用的标杆。”





紫色 VCSEL 准备行动了吗？

蓝色激光二极管的发明人 Shuji Nakamura，近来发布了一种非极性的紫色垂直腔面发射激光器 (VCSEL) 的诞生，并声称它是激光二极管技术领域的一项重大突破。Compound Semiconductor 杂志采访了 Nakamura 先生和业界的同行，以对此进行更为详细的了解。

来自美国加州大学 Santa Barbara 分校 (UCSB) 的研究人员已经开发出一种非极性的紫色垂直腔面发射激光器 (VCSEL)，他们声称它将打开一扇开拓新应用的大门，其中包括可应用于智能手机、移动影院以及车用照明中的微型射灯 (pico-projectors) 等。

由 S. Nakamura 及其同事 D. Feezell、C. Holder 以及 S. DenBaars 共同开发的单模 VCSEL 可在室温下工作，采用在 m 晶面的 GaN 衬底上的金属有机化学气相沉积 (MOCVD) 生长工艺，它也是该小组已成功开发的几种光电子器件中的最新成果。

迄今为止，大多数基于 GaN 衬底的器件是从 GaN 晶体的 c 晶面进行切片后作为衬底来进行生长。Nakamura 表示，第一个 c 晶面 (AlGaIn) N 激光二极管早在 1996 年就已经诞生，如今这种 c 晶面激光器件已在高密度光学存储、激光打印以及显示等领域有着大量的商业化应用。

除了上述的成功之处，其实 c 晶面 GaN 衬底有一个主要缺点：大的极化电场会引起量子阱中电荷的分离，会限制电子和空穴的复合效率，从而使器件的性能受到限制。

正如 Nakamura 所指出的那样：“非极性氮化物器件在性能上有可能超越极性氮化物器件，比如说，采用 m 晶面的衬底就能取得更高的光增益。”

出于这种考虑，UCSB 的研究人员们已经开发出了一种基于从 GaN 晶体 m 晶面上切割成衬底的激光器件。在 2005 年，蓝色 GaN 发光二极管问世，紧随其后的是 2007 年的 GaN 紫色激光二极管，到了 2009 年，Nakamura 和他的同事们已经开发出了蓝绿色的激光二极管。然而，现在这支研究队伍还想要更进一步，开始从事 GaN 的 VCSEL 的研究。

VCSEL 的输出功率要低于边缘发射激光器，但该器件会更为便宜，其制造效率也会更高。边缘发射激光器在完成生产最后阶段之前是无法进行测试的，然而，VCSEL 阵列能够在制造过程中在晶圆上进行测试。另外，由于 VCSEL 的激光束是以垂直于激光有源作用区发射的，这就与边缘发射激光器的平行发射情况刚好相反。因此数以万计的器件都能在一片三英寸的晶圆上同时进行加工。

由于这种工艺具有大幅降低成本的潜力，全世界的研究人员都在极为认真地研发这种能在室温工作的 GaNVCSEL。2007 年，瑞士 Ecole 理工大学 (EPFL) 的研究人员公布了在光学泵浦的 AlInN/GaN VCSEL 中获得了蓝色激光束，一年

之后，Nichia 公司研制成功第一个电学泵浦的 GaN VCSEL，它可以发射连续波紫色激光。去年，以日本主导的光电子研究人员同样开发了蓝色和绿色的 VCSEL，然而，上述的 VCSEL 没有一种是制作在 m 晶面衬底上的，这是为什么呢？

瑞士 Ecole 理工大学的 Novagan 公司的研究人员 Eric Feltin 说道：“最早所使用的材料晶向是 c 晶面，原因是它是你所能找到的最为普通的衬底材料，如果你考虑到价格因素的话，它也是具有最好晶格取向的材料”。“美国加州大学 Santa Barbara 分校对 m 晶面的衬底做了不少工作，也已研制出很好的器件。但就现在来说，高质量的 c 晶面衬底将会有更广泛的应用”。

Nakamura 却不同意这种观点，他强调了他团队在这几年来的工作情况，他们一直是在使用由三菱化工公司 (Mitsubishi Chemical) 所提供的具有低缺陷密度的 m 晶面衬底。确实，该日本公司是在几年前就开始研制这种新颖的衬底，致力于生产下一代的白光 LED。并且就像 Feltin 所承认的那样，如果对 m 晶面衬底的需求量上升的话，c 晶面衬底就有可能出局。

那么 Nakamura 的紫色 VCSEL 该何去何从？当一些研究人员已将他们的精力投入到开发新型的分布式布拉格反射镜当中，来简化 VCSEL 的制造过程，同时还能避免因晶格失配所引起的应力问题，因为它将会导致外延晶圆的碎裂。Nakamura 声称，电介质的分布式布拉格反射镜 (DBR) 已能足够地胜任这一任务。他还说：“我们不必担心晶格失配问题，它们很容易解决。”

正如他所强调的那样，他的团队已经研制出一种新的工艺技术来控制 VCSEL 腔体的长度。“正当其他团队使用研磨和抛光处理工艺时，我们已经开发了一种具有选择性的刻蚀方法，来控制 VCSEL 腔体的长度”。他宣称道：“采用这种方法，我们首次获得了单模激光。”

尽管如此，研发工作还在继续进行。到目前为止，在脉冲工作模式下的紫色 VCSEL 的阈值电流为 70mA，使用的是 10 微米的孔径，其输出功率为 19 微瓦 (microW)。

Nakamura 决定开始着手研究这一功率过小的问题。他说：“是的，这确实是一个很小的输出功率，但这仅仅是一个展示。我们正在想方设法来使光学损耗降到最低”，“很快我们就能将功率提升，目前我们正在努力前行”。





美国研究人员开发出世界上最小的激光器

应变平衡的量子级联激光器连续输出功率超过 500 mW，而波长短至 3.4 μm 。

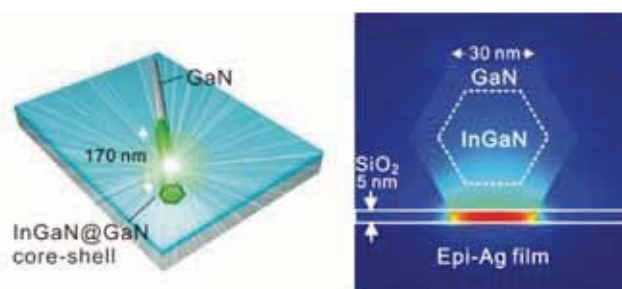
美国德克萨斯州立大学 Austin 分校 (UTA) 的物理学家们声称，他们已与来自中国大陆和台湾的同事们一起开发出了目前世界上最小的半导体激光器。这些研究人员相信，由 GaN 材料制成的这种激光器是在计算机乃至医学领域应用光子学技术上的一项重大突破。

半导体激光器的微型化是发展基于更快、更小、更精确以及更低能量光子技术的关键，例如极速计算机的芯片，用于检测、治疗和研究疾病的高灵敏度生物传感器，以及下一代的通信技术。这些光子器件可以采用纳米激光器来产生光信号，但光子器件的尺寸和性能会受到三维光学衍射极限的影响。

UTA 的物理教授 Chih-Kang “Ken” Shih 说：“我们已开发出一种纳米激光器件，它在三维衍射极限下仍可以很好地工作”，“相信我们的研究对纳米尺度的激光技术将会产生重大的影响。”

Shih 教授、研究生 Charlotte Sanders 及其同事们在 Science 杂志发表了论文，报告了首个工作在三维衍射极限下、具有连续波长和较低阈值的绿色纳米激光器。

这种纳米激光器件是由一种氮化镓铟 (GaInN) 纳米棒所



构建，其中有部分被 GaInN 所填充。纳米棒被置放在薄硅绝缘层上，然后再覆盖一层具有光滑表面的、原子级线度的银膜。

据 Shih 教授所说，他实验室进行这些材料的开发已经有十五年的历史，建造了一个分子束外延 (MBE) 系统用来制作表面光滑的银薄膜，它会对激光器的功能产生至关重要的影响。这种原子级别的表面光滑度对于光子器件有着十分重要的作用，因为它不会对携带有大量数据信息的等离子体激元和电子波的产生散射和丢失现象。

台湾清华大学的 Shangji Gwo 教授这样说道：“电子学和光子学在尺寸线度上的不匹配对于实现芯片上光学通信和计算系统来说将是一个巨大的障碍”。

上接第24页

60mm，包含 60 个栅指，每个 1mm 宽。栅极长度 1.5 μm ，栅源间隔 0.75 μm ，漏间隔 10 μm 。通过使栅极金属物向漏极延伸 1 μm ，便会形成栅极连接的场板。

在 $V_{\text{GS}} = 8\text{V}$ 和 $V_{\text{DS}} = 10\text{V}$ 时，这些设备的最大输出电流为 6A，这显示了在 200mm 硅衬底上加工 AlGaIn/GaN HEMT 的可行性。

目前，下一步我们要改进设备的关键参数。已经加工和报告的器件是在 150mm 硅晶片上制造的，其最大输出电流为 8A，击穿电压为 750V，特定的导通电阻 $R_{\text{on,sp}}$ 是 2.9 $\text{m}\Omega\cdot\text{cm}^2$ ，在 600V 下断态漏电流为 7 μA 。[2] 我们看到的在 200mm 衬底上没有明显的障壁重复出现这种情况。

结论：达成了里程碑，还需要进一步研发

通过这些衬底、工艺和设备，我们展示了在高生产率 CMOS 生产过程中，在 200mm 硅衬底上以兼容 CMOS 方式加工 AlGaIn/GaN HEMT 的可行性。首先，我们在直径为 200mm、厚度为 1.15 mm 的硅衬底上培育无裂纹的 AlGaIn/GaN/AlGaIn 双异质结构外延层。其次，根据标准生产操作程序，在典型的 CMOS 工具组上加工这

些硅晶片上的 GaN 外延层。例如，我们可以通过现有的污染控制规程来控制镓污染。最后，我们展示了全功能 e-mode AlGaIn/GaN MISHEMT 功率器件，其总栅极宽度为 60mm，最大输出电流为 6A。尽管还需要进一步努力来获得更成熟的硅功率技术，但我们仍然相信在令具有成本效益和高性能的 GaN 功率器件实现产品化上，此项工作达成了一个重要里程碑。☞

参考资料

1. K. Cheng et al., “AlGaIn/GaN/AlGaIn Double Heterostructures Grown on 200 mm Silicon (111) Substrates with High Electron Mobility,” Appl. Phys. Express, Vol. 5, p. 011002 (2012).
2. M. Van Hove et al., “CMOS Process-Compatible High-Power Low-Leakage AlGaIn/GaN MISHEMT on Silicon”, IEEE Electron Device Lett., Vol. 33, No. 05, p. 667 (2012).
3. B. De Jaeger et al., “Au-free CMOS-compatible AlGaIn/GaN HEMT processing on 200 mm Si substrates”, in Proceedings of 24th International Symposium on Power Semiconductor Devices and ICs”, Bruges, Belgium, 3-7 June, 2012, p. 49.



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
Akzo Nobel		www.akzonobel.com/hpmo	23
AXT Inc.		www.axt.com	11
EV Group		www.EVGroup.com	5
IQE plc		www.cn.iqep.com	4
LayTec AG		www.laytec.de	3
MERSEN Kunshan Co., Ltd.	美尔森先进石墨 (昆山) 有限公司	www.mersen.com	IBC
Plasma-Therm LLC		www.plasmatherm.com	1
Raboutet		www.raboutet.fr	15
Temescal		www.temescal.net	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 (麦协和)
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

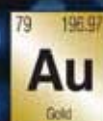
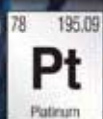
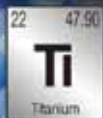


MERSEN CARBOSIL™
碳化硅(SiC)镀层石墨托盘
被广泛应用于各类
MOCVD制程中



美尔森先进石墨（昆山）有限公司
联系电话： 4001-628-288

MERSEN



FerroTec

Temescal is now a
division of Ferrotec

Elemental Knowledge 元素知识库

**Temescal 的Elemental Knowledge™
为化合物半导体金属蒸镀带来极致的精密度**

Temescal工艺科学家已经开发了一个“Elemental Knowledge”基本知识库，可以对3D蒸发云建模，从而优化金属蒸镀工艺。Temescal系统不只是一个蒸发设备，其中的Temescal Control System 控制系统为工艺工程师提供了最完善的程序设定工具箱，同时为操作者提供按钮式控制方式。

更多信息，请访问我们的网站 www.temescal.net



Temescal

