

化合物半导体

CS COMPOUND SEMICONDUCTOR

• CHINA

季刊 2014年 第4期

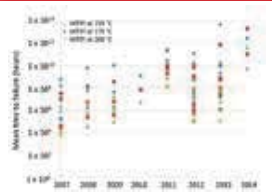
LED散热新技术



SiC进军汽车市场



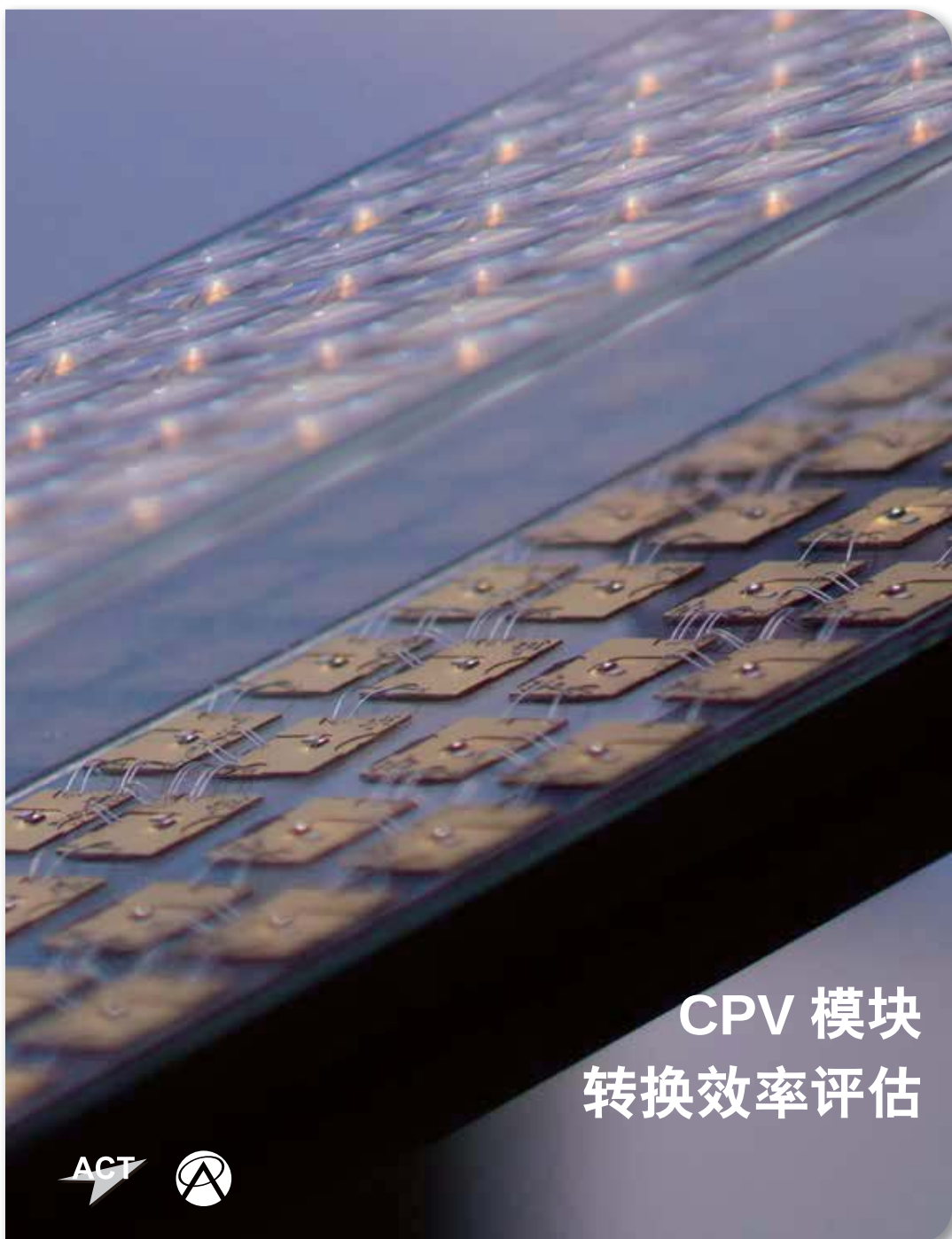
了解GaN HEMT的缺陷问题



新配方荧光粉



量产InGaAs晶体管



CPV 模块
转换效率评估



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

您的技术信息平台

一系列产品—包括
国际专业技术杂志的中文版、网上
出版物、会议、培训和活动

欢迎免费索阅或参与活动
www.actintl.com.hk



雅时国际商讯(ACT International)成立于1998年,为高速增长的中国市场中广大高技术行业服务。ACT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。

香港
852-28386298

深圳
86-755-25988571

上海
86-21-62511200

北京
86-10-64187252



ACT Media Group

化合物半导体

COMPOUND SEMICONDUCTOR • CHINA

目录

Contents

季刊 2014年第4期 2014年11月2日出版
Quarterly 2014 - Issue 4 2 November 2014



应用于化合物半导体工业生产的解决方案

应用于减薄的和易损的化合物半导体基片的临时键合和键合分离技术

应用于电解质，厚胶和薄胶以及高台阶的喷涂技术

应用于器件构图和高级封装的光刻技术

应用于键合介质层转移和高级封装的晶圆键合技术



www.EVGroup.com

封面故事 Cover Story

聚光型光伏模块转换效率的表征 Characterising CPV modules

发电成本是衡量不同太阳能发电技术是否具有竞争力的关键性指标。然而为了对其进行对比，需要知道各种类型太阳能发电系统的组装成本及其产生电能的峰值功率，因此就必须有一种方法来准确地确定各种类型太阳能电池系统的发电功率。本文通过对聚光型光伏（CPV）模块进行户外测试来评估其转换效率。



- GERALD SIEFER, MARC STEINER, ANDREAS W. BETT; Fraunhofer ISE

技术 Technology

11 了解GaN HEMT中的缺陷问题

Understanding imperfections in GaN HEMTs

GaN材料具有以下显著的优点：具有很高的电场击穿强度，从而使器件能在很高的电压下工作；具有高的热导率，因此过热现象对器件芯片来说也不会成为一个大的问题；具有良好的载流子输运性能，使其晶体管结构能在更高的频率下工作。重视可靠性测试和材料质量将有助于GaN HEMT在商业上获得成功。

- RICHARD STEVENSON

20 更好、更亮的荧光粉 Better, brighter phosphors

在 LED 照明市场的初期阶段，如果光源达到 4000K 的 CCT 和 70 CRI，则对于大多数应用便是可接受的；但是在最近几年，零售业和酒店照明要求达到 3000K 的 CCT 和 80 CRI。此外，随着最近的技术进步，这些领域现在需要 2200K 至 4000K 范围的 CCT，并且 CRI 需要高达 98。为满足这一需求，荧光粉材料的制造商需要开发高效生成白光的产品，从而提供范围极广的光谱。新配方提升了 LED 照明的品质和强度。



- HERB SCHLEGEL, NICOLE RUTHERFORD; Intematix

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.

化合物半导体



目录

季刊 2014年第4期 2014年11月2日出版
Quarterly 2014 - Issue 4 2 November 2014

Contents

科技前沿 Research Review

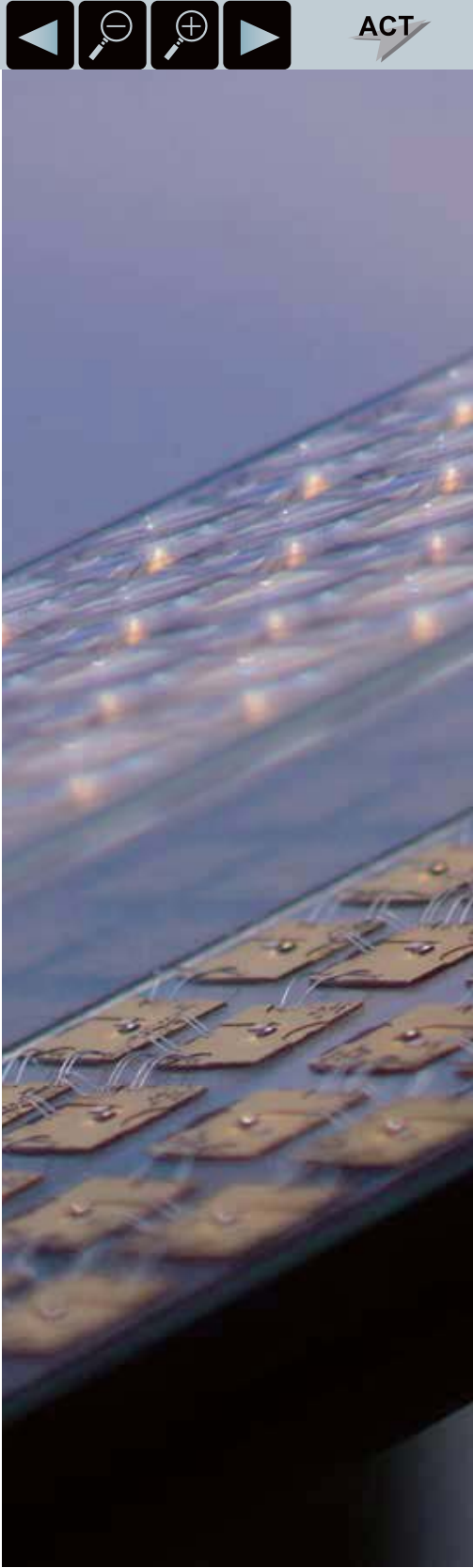
- 24 应用晶圆直接键合进行绝缘体上InGaAs晶体管的大规模生产
Direct wafer bonding yields large-scale InGaAs-on-insulator transistors
- 24 英特尔开发采用III-V族或锗活性层的深型栅极器件
Intel patent application describes deep gate device with group III-V or germanium active layers
- 25 应用一种可替代CMP工艺的方法来制备III族氮化物非极性VCSEL激光器
An alternative to chemical mechanical polishing for III-nitride nonpolar VCSELs
- 26 采用SOI衬底来改进AlN的生长质量
Improving AlN with an insulator
- 27 量子点器件有望成为中红外光源
Dots offer promise for mid-infrared sources

市场 Market

- 5 保持LED冷却
Keeping LEDs cool
- 6 碳化硅进军汽车市场
SiC cracks auto-markets
- 4 编者话 Editorial
- 3 广告索引 Advertisement Index

关于雅时国际商讯
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



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
CS International Conference		www.cs-international.net	16,17,18,19,27
EV Group		www.EVGroup.com	2
Vistec		www.vistec-semi.com	13

英飞凌和国际整流器：下一步走向何方？

英飞凌宣布将以约 30 亿美元现金收购国际整流器（IR）。这是英飞凌迄今为止最大的一次收购，德国最大的芯片制造商收购世界最大的电源管理芯片制造商之一，以加强其在美国和亚洲的国际影响力。许多业内人士都想知道接下来会发生什么？

首先，英飞凌的特长是高压 MOSFET，IR 的特长是低压 MOSFET，双方在 MOSFET 产品上互补。IR 的产品还有低功率 IGBT，功率范围从 1000W 至 2000W。同时，英飞凌在 2008 年购买了数字电源公司 Primarion，所以 IR 的功率器件可以应用于包括笔记本电脑和游戏控制台在内的新市场。

其次，英飞凌自 2001 年以来一直在生产 SiC 二极管，并推出了其第一代 SiC 晶体管 CoolSiC 1200V JFET。2013 年，英飞凌利用 CoolSiC 1200V JFET 结合 MOSFET 和驱动器 IC 为太阳能、UPS 和工业驱动应用提供直接驱动装置。虽然英飞凌在高压市场表现很好，但在低电压市场的覆盖却不够全面，而 IR 凭借其 GaN-on-silicon HEMT 产品服务于 600V 及更低电压市场。

英飞凌通信经理 Tillmann Geneuss 说：“我们也开始 GaN 研发，但是还没有产品上市。毫无疑问，像 IR 和 Transphorm 这样的 GaN 公司在市场竞争中处于领先地位。”显然，收购 IR 会改变这一情况。Geneuss 指出：“IR 对 GaN 研究付出巨大努力，取得了大量关于 GaN-on-silicon 外延工艺的知识产权（IP）。”

至关重要，IR 拥有关于在硅基底上沉积缓冲层和 GaN 层的大量固相外延相关专利。“虽然可以采用蓝宝石，SiC，甚至 GaN 基底，但是硅是最便宜的载体解决方案。我们认为这是一个非常有价值的工作，因为当涉及到长期和大规模生产时，你必须寻找最具成本效益的方法来实现。”Geneuss 说。

英飞凌并不期待从 IR 的 GaN-on-silicon 技术马上获利。GaN 市场处于起步阶段，预计需要五年或更多时间，才能看到真正有意义的收入。在此期间公司将坚定地专注于开发最好的解决方案，包括 IR 的 GaN-on-silicon 产品和英飞凌的 SiC 产品。Geneuss 说：“客户需要解决方案，而不是单个的产品。作为独立的产品这些新材料将无法生存，所以我们要包括新技术在内，把我们最好的 IGBT、MOSFET 或二极管，要通过最好的技术集成整合，提供最好的性价比和功率密度解决方案。”

GaN-on-silicon 技术的重要性不言而喻，全球有很多竞争者。日本松下公司拥有丰厚的 GaN-on-silicon 市场 IP，推出了 600V GaN-on-silicon 晶体管样品。还有一些规模比较小的竞争者，比如加拿大的 GaN Systems，比利时的 EpiGaN，日本的 Transphorm 和美国 EPC……Yole Développement 高级分析师 Philippe Roussel 预计未来两年在 GaN 领域将有更多的收购。

Geneuss 总结道：“引入这些新兴宽禁带材料的元器件是一场马拉松，不是短跑。”

赵雪芹

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
李晓玲 Greta Lee
gretal@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





保持 LED 冷却

Nanotherm 公司声称在金属包层的 PCB 基板方面取得性能突破，其产品已经打入 LED 市场。

随着 LED 行业转向更高亮度的 LED，行业的竞赛已经开始，以求开发出更好的热管理策略来进行散热。在 LED 的工作过程中，所施加电能的 75% 被转换为废热，而且无论通过什么方式，散热片、导热管还是散热风扇来除去这些热量，都会大大影响 LED 的性能和寿命。

总部和起步都在英国的 Nanotherm 公司声称对此有了解决方案，他们已经开发出了一系列新型铝 PCB 基板作为电子器件的散热片。该公司于 2010 年由前莫斯科国立大学的研究人员 Pavel Shashkov 和 Segey Usov 创立。

目前针对高性能 LED 市场，他们的基板由一个表面（顶部 10-30 微米厚）已经通过电化学反应转换成氧化铝介质层的铝板组成。然后通过环氧树脂粘合或沉积一层铜到介电层上，根据客户需要，在铝板上创建一个电路层，为符合行业标准的 PCB 加工做准备。

Shashkov 和 Usov 称，与作为传统电介质使用的标准环氧树脂相比，他们的氧化铝介电层可以提供优异的隔离和更好的导热性能。氧化铝层也比传统的环氧树脂层薄十倍，并且拥有 $7 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 的体积热传导率，远高于



Nanotherm 推出高性能散热材料，以满足 LED 制造商日益增长的需求，图中是 Nanotherm 首席技术官 Pavel Shashkov 博士（左）和首席执行官 Ralph Weir。（Nanotherm 提供照片）

于高导热环氧树脂的 $3 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 。

同时令 Nanotherm 高兴的是，其独立测试表明，整个 PCB 基板的热阻比如今金属衬垫的 PCB 少 20%，从而使 LED 的工作温度减少了 20°C 。最近被任命为公司首席执行官的 Ralph Weir 说：“我认为当工程师们看到这个产品时会说‘哇，我真的很喜欢它’。”

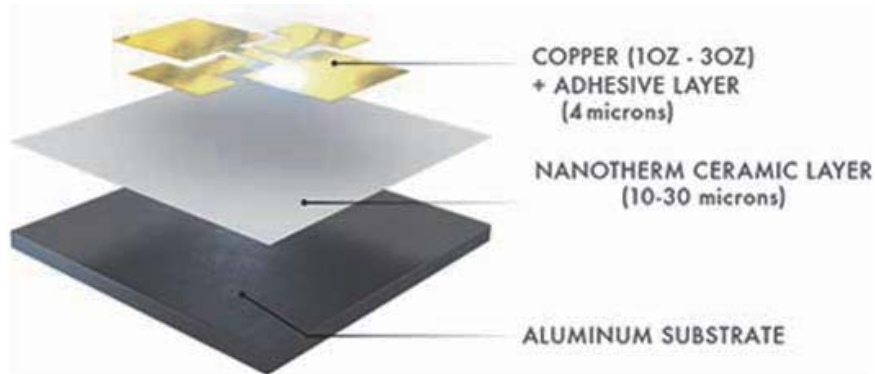
专利工艺

Nanotherm 成功的关键是将金属表

面转化成为一层非常薄的介质层。这一过程通过所谓的等离子体电解氧化 (plasma electrolytic oxidation, PEO)——一个类似于阳极氧化的电化学反应来实现，是十多年前 Shashkov 和 Usov 为了硬化金属合金的工程应用而开发的。

类似阳极氧化，把金属合金，如镁和铝，浸入电解液，施加高于可以在合金表面形成氧化物类陶瓷基质（氧化镁和氧化铝）的电压。然而，因为 PEO 需要更高的电压，所以伴随着等离子体改变氧化物层的结构，同时发生低压放电。例如，电压脉冲的序列可以改变涂层的表面粗糙度和孔隙度，以产生更耐磨损的表面。

Shashkov 和 Usov 用了 1990 年代的大部分时间来开发硬度处理技术，并利用这项技术在 2000 年建立了总部位于剑桥的 Keronite 公司。虽然这项处理技术能产生一种耐磨、导热和电绝缘的表层，但是因为层内多孔隙而



采用一个非常薄的介电层，Nanotherm 的材料从源头上具有简短的热路径：从焊接到铜表面的半导体器件到散热器。（Nanotherm 提供图片）





市场 | Market

无法用于电子方面的应用。

考虑到这一点，两人接着开发一个新工艺，可以产生一种极少孔隙的致密晶体氧化物陶瓷表层，并在 2010 年建立了 Nanotherm 公司。虽然专利检索透露可能使用了一种内含直径小于 100 纳米的陶瓷颗粒的胶体碱性电解质，但是关于表层是如何形成的细节很少。

在表层形成的同时，电处理使用的序列正电压脉冲和负电压脉冲可以使微放电最小化，从而更好地控制孔隙度和表面粗糙度。

当被问及这一工艺时，Weir 证实：“这是一个重要的专利工艺，但关键是电解质成份和电压的使用，其中包括大量的控制工作。”

尽管严格保密，但业内人士已经证实，为了满足市场需求，该公司最近在剑桥建立了第一条生产线，并计划

现在开始建另外两条生产线，到 2015 年中期投入生产。

Weir 说：“我们的市场很好，已经为很多人提供产品，我们将生产外包给 PCB 加工公司，然后把产品输出到 LED 市场。”

例如，Nanotherm 与苏格兰电子封装厂商 Optocap 建立了合作伙伴关系，由 Optocap 发货给 LED 客户。Nanotherm 并且还联合英国 PCB 制造商 Spirit Circuits 为 LED 市场供应基板。

Weir 并不提供具体价格，只是简单说，“我们要以一辆福特的价格销售一辆法拉利”，但他宣称说：“我们的合作伙伴说我们的基板胜过任何其他铝板 25% - 35%。”

“导热 PCB 铜基板也比我们的基板重量大并且昂贵得多，但我们的产品可以超越这些铜板 2% - 3%。”他补充道。

根据 Weir 透露：公司的下一条生产线将服务于 LED 行业，公司还关注功率电子市场。“事实上我们的生产线可以为这两个市场中任意一个生产材料，”他说。

此外，公司还在开发可媲美高性能氮化铝陶瓷砖的基板。正如 Weir 的解释，公司的“入门级”板的制造过程中，铜层是用 4 微米的环氧胶粘合到介电层上来制造电路层。但公司还使用薄膜沉积技术直接产生铜电路层，以较低的成本，生产出金属衬垫的 PCB 板，性能可以媲美氮化铝陶瓷砖。

“与电子封装市场上现有的 LED 和功率电子行业的供应商的合作伙伴关系对我们非常重要……我们通过这些合作关系来扩大业务规模，”他说。“我们已经拥有了世界级的生产设施，所以现在要做的就是扩大业务规模实现大批量生产。”

碳化硅进军汽车市场

Lux Research 公司预测，到 2020 年，在电动汽车中碳化硅将取代硅的位置。

分立式电力电子组件市场快速发展，Lux Research 公司的最新预测为：到 2020 年，将达到 210 亿美元。制造商竞相推出比以往性能更高的 SiC 和 GaN-on-silicon(硅基氮化镓)器件。

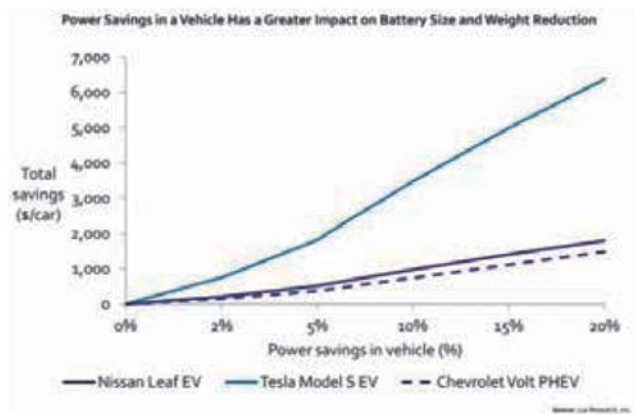
工业、电子和可再生发电应用都需要这些更小、更高效的宽禁带器件，但是迄今为止，对于功率电子制造商最有潜力的市场是电动汽车。

就像 Lux Research 分析师 Pallavi Madakasira 强调，高效功率电子对于减小电动汽车电池的尺寸至关重要，这对汽车系统包括布线、包装和重量在内的剩余部分具有巨大的顺带好处。

“一旦你开始实现增效节支，你可以因为拥有一个更小的锂离子电池而获得成功，然后你只需要，例如，一个小型散热器，所以削减了成本并节省空间和重量，”她说。“增效节支在整个系统内具有层叠效应，确实增加了。”

在她最新的研究中，Madakasira 预测：SiC 器件制造商，

如英飞凌、科锐和意法半导体，将利用汽车市场日益增长的性能需求，最早在 2020 年，在 GaN 应用之前，用 SiC 二极管取代硅器件。“碳化硅显著领先行业主要是由于大量的开发商在这项技术上投资。大量的制造商，如英飞凌和 ST，生产出数以万计的二极管。”



能源效率对汽车系统的能耗水平可以产生巨大影响。

下转第23页





由 Fraunhofer ISE 进行的 CV 性能评估包括了对 Flatcon CPV 模块进行性能确认，这种构想已经被用于室内，这项技术已得到 Concentrix 的授权许可，现在归 Soitec 公司所有。照片由 Alexander Wekkeli 授权。

聚光型光伏 模块转换效率的表征

通过对聚光型光伏（CPV）模块进行户外测试来评估其转换效率。

GERALD SIEFER, MARC STEINER, ANDREAS W. BETT; Fraunhofer ISE





封面故事 | Cover Story - CPV

发电成本是衡量不同太阳能发电技术是否具有竞争力的关键性指标。然而为了对其进行对比，需要知道各种类型太阳能发电系统的组装成本及其产生电能的峰值功率，因此就必须要有一种方法来准确地确定各种类型太阳能电池系统的发电功率。

然而这并不是一件容易的事情，因为就业界生产的多结太阳能电池和硅基太阳能电池而言，二者在陆地上的安装方式是完全不同的。硅基太阳能电池通常是安装在一个固定的位置上，而多结太阳能电池则是被安装在一个太阳光跟踪系统的某个精确位置上。这种太阳光跟踪系统能够随时追踪天空中太阳的方位，从而保证太阳光辐射从早到晚都能汇聚在电池芯片上。多结太阳能电池通常能将太阳光强度增加数百倍，其对于入射太阳光的接收角最多只有几度，有时可能只有 0.5 度。

评估这种技术性能的一个具有吸引力的方法，是选择采用 CPV 模块的室内太阳光模拟器设计。采用这种方法，甚至在没有太阳照射的情况下也能进行测试，同时也不需要让测试时的光谱条件与参照条件相匹配。然而，这种室内太阳光模拟器才刚刚开始出现，仍然处于研发阶段中。

所以，现在对 CPV 模块的大部分性能评估工作还都是在室外进行，我们所采用的是德国 Freiburg 的 Fraunhofer 太阳能研究所的方法，即采用了一个叠加了单结太阳能电池特征的系统来分析三结太阳能电池的性能。

配置在我们太阳光跟踪系统上的模块包括有一个我们自制的 Flatcon CPV 模块（我们的 Flatcon 技术由 Concentrix，即现在的 Soitec 公司

所授权使用，但是我们仍然只安装了小尺寸的 CPV 模块）。这种 PV 模块的特征是：它是一个具有 $\text{Ga}_{0.50}\text{In}_{0.50}\text{P}/\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{As}/\text{Ge}$ 晶格匹配的三结太阳能电池，包含有 52 个在玻璃上用硅胶材料制成的菲涅尔透镜单元对，具有 832 cm^2 的开口孔面积。

对安装在太阳光跟踪装置上的 CPV 模块进行表征，每几分钟就对其进行发电 IV 曲线的测量。此外，还需要监测当时的气象条件，包括环境温度、风速、气压和湿度等，另外还要监测太阳光整体的垂直日照（GNI）和直接的垂直日照（DNI）强度，这些是通过安装在太阳跟踪器上的日照强度计（pyranometer）和直接日照强度计（pyrheliometer）进行测量后得到的。

通过测量 DNI 可以得到模块的转换效率，因为这与 CPV 模块用来发电的太阳光辐射强度相关。如果也知道 GNI 的话，可以通过计算 DNI/GNI 的比率就可以了解天空的清澈程度。

同时我们也可以用安装在跟踪系统上的摄像机进行拍照来确定天空的清澈度，这将能提供有关云层覆盖等非常有价值的信息。当云层位于太阳的边缘时，会影响到系统的跟踪性能，比方说它会干扰用来跟踪太阳位置传感器的工作状态。

对于多结太阳能电池结构来说，其中的各个子电池是以串联的方式相连接。这种结构上的缺点使得整个电池叠层所产生的电流会受到低电流子电池的限制。由于每个子电池吸收的是不同频谱的太阳光，因而其光敏感性比单结太阳能电池要高。然而，其电力产出在一年各季节上的变化却是与平板型光伏电池相似的。

太阳光的频谱分布可以采用光谱仪或使用基于测量大气参数的模型，例如气溶胶光学厚度等模型通过直接测量来得到。然而，如果希望能够直接估算太阳光谱对多结太阳能电池电流输出的影响，可以通过采用基于所谓的部件太阳能电池（也被称作是同质 isotope 太阳能电池）的简单方法，即它们具有与多结太阳能电池相同的结构，却只含有一个有源 p-n 结。

使用这种部件电池的一大优点是可以测试某个特定子电池的电流，却不会影响其它子电池所产生的电流，因为它们在电学上并没有激活。我们将这种类型的测量装置固定在太阳光跟踪系统中，使用了商用的“黑色光子”（Black Photon）传感器组件，该传感器组件包含有三个单元电池，对应于晶格匹



图1：位于Fraunhofer 太阳能研究所屋顶上的太阳光跟踪装置。利用各种气象传感器可使CPV模块在 $\pm 0.1^\circ$ 的精度范围来连续跟踪太阳光的入射角度。



配的三结太阳能电池中的三个子电池。

真实数据

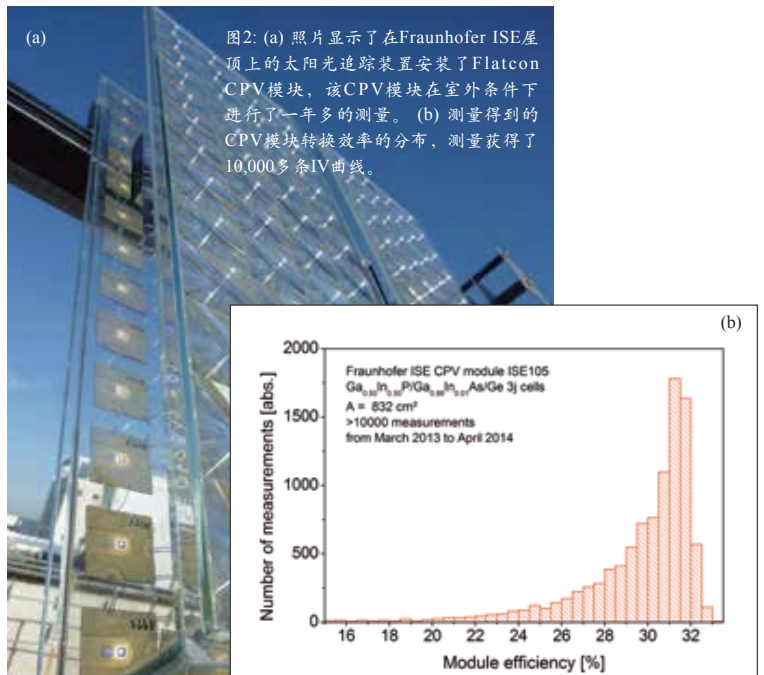
我们对 Flatcon CPV 模块进行了一年多的数据记录，从中获得了 10,000 多条 I-V 曲线。这让我们了解到模块在转换效率上的变化与平板型太阳能电池是相似的（见图 2）。要注意图中的转换效率是基于所测量的模块在太阳光直接垂直入射下的输出功率，并没有对直接的垂直辐射（DNI）强度、温度、风速和光谱状况等进行数据拟合。

对 PV 模块的测量评级必须要符合国际标准。对于 CPV 而言，其标准测量条件是 2013 年公布的 IEC 62670-1 规范。这个文件包含有两种类型的标准条件：聚光型标准工作条件（CSOC）和聚光型标准测试条件（CSTC）。表 1 总结了与直接垂直辐射（DNI）、温度、风速和太阳光频谱分布等相关的要求。

CSTC 条件是在实验室控制条件下对 CPV 模块（以及 CPV 电池）进行室内测量的相关条件，而 CSOC 则与 CPV 模块进行室外测量的有关条件。因而对于 CSTC 而言，定义风速是没有意义的，因为风速主要是对温度稳定在 25℃ 的 PV 电池会有测量影响。

尽管已经有了 CPV 器件测量评级条件的规范，但是对于 IEC 62670-1 的文件方面还有大量的工作需要开展。为了能在这些条件下进行实际的评级测量程序，当前的工作还涉及到对其的定义问题。国际电工委员会的第 82 技术委员会第 7 工作组（IEC TC82 WG7）正在进行讨论，其中我们与 CPV 行业以及其它研究机构的同事一起合作来开发对于 CPV 的国际标准。IEC TC82 WG7 现在正在起草 IEC 62670-3 标准，它将会更新 CPV 评级测量的程序。

对我们的模块测量数据进行筛选后就可以确定 CSOC 条件下的模块转换效率，这样可以比较容易地排除掉环境温度、风速和 DNI 的影响，因为这些参数都与测量的结果直接相关。更为复杂的是要考虑到太阳光照射在模块上时会在光谱分布上产生变化。然而，通过使用我们的“黑色光子（Black Photon）”系统中的单元电池的测量可以解决这一问题。通过吸收不同波长范围的光，三个电池中的每一个子电池都能够产生电流，因此其电流强度就可以用来表征太阳光在不同波长范围中的相对强度。



在标准测试条件下，将测量到的单元电池的电流与器件的总电流进行区分，从而可以计算出与三个子电池相关联的三个太阳光频谱波段的有效辐射。在采用单元电池作为传感器进行测量的基础上，可以将太阳光的频谱得以参数化，

New CS APP ready for Download NOW!

Continuing our aim of 'connecting the compound semiconductor industry', Compound Semiconductor has a Free app for Android, iPhone and iPad to allow you keep up to date wherever you are.

Available **FREE** from the App Store or Google Play, the app allows you to access:

- Latest Compound Semiconductor, CS China and CS Taiwan magazines
- Latest features
- Latest news and more...



For further information contact: scott.adams@angelbc.com

www.compoundsemiconductor.net



封面故事 | Cover Story - CPV

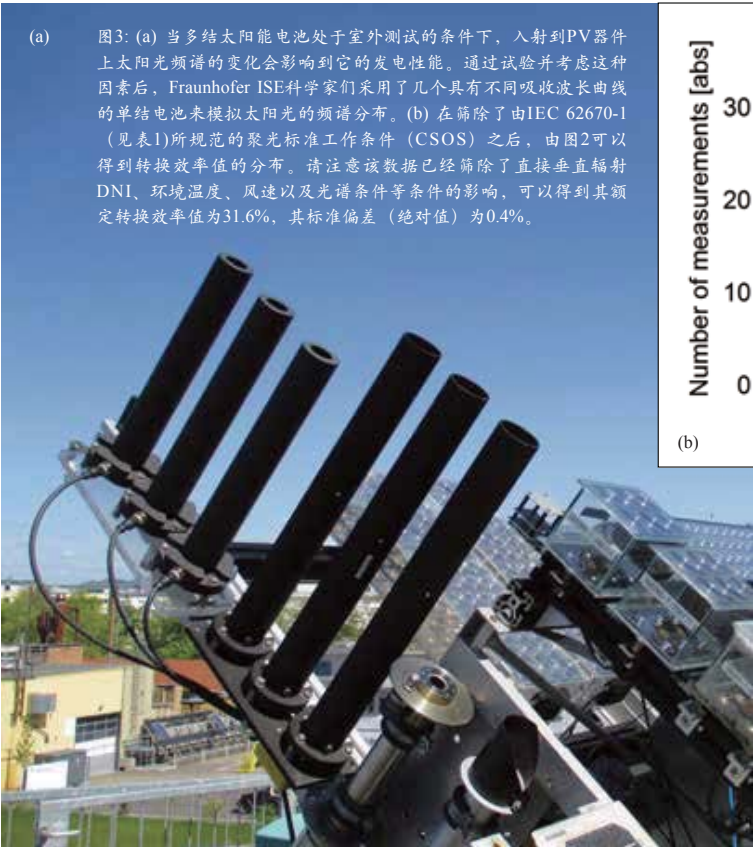
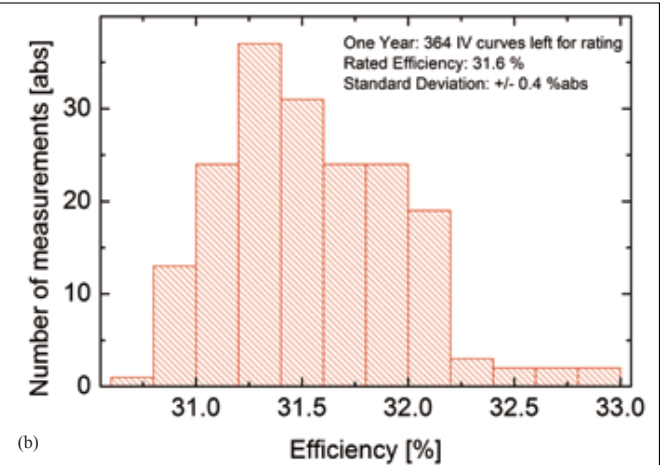


图3: (a) 当多结太阳能电池处于室外测试的条件下，入射到PV器件上太阳光频谱的变化会影响到它的发电性能。通过试验并考虑这种因素后，Fraunhofer ISE科学家们采用了几个具有不同吸收波长曲线的单结电池来模拟太阳光的频谱分布。(b) 在筛除了由IEC 62670-1 (见表1)所规范的聚光标准工作条件 (CSOS) 之后，由图2可以得到转换效率值的分布。请注意该数据已经筛除了直接垂直辐射DNI、环境温度、风速以及光谱条件等条件的影响，可以得到其额定转换效率值为31.6%，其标准偏差 (绝对值) 为0.4%。



产业确实需要更为快速的方法来确定 PV 模块的额定输出功率。下述问题都已成为 IEC TC82 WG7 工作组的考虑范围，即需要对测量数据进行观察，考虑对测量数据的筛选范围以及对数据的评估处理等。该工作组的工作还包括有：为了能更好地解决这些问题，它发起了一项有关 CPV 模块效率测量的国际循环赛，这个比赛将通过在不同的地点使用不同的设备来对 Soitec 公司的某些 CPV 模块进行测量。在这个循环赛活动中所收集到的数据将会应用到 IEC TC82 WG7 的工作中，用于测量和评估现还处于讨论中的不同数据回归方法。这种具有可靠的额定功率效率测量方法的 CPV 模块评估程序将会在不久的将来成为可行，而且它还将还会证明，与现有技术相比，CPV 系统在发电成本方面将会具有越来越强的竞争力。

运用所有的这些标准得到的平均额定模块效率为 31.6%，其标准差为 0.4%，这个结果已经去除了 DNI、环境温度、风速和频谱分布等条件的影响。我们发现有必要对频谱条件进行更为严格的数据筛选，以降低它对额定效率不确定性的影响。与此同时，至少对于这种 PV 模块来说，模块效率对其它环境参数的依赖将会小很多。

令人值得注意的是，在进行参数筛选之后，10,000 次测量中只有 364 次的测量数据可得以保留，这是因为在大多数日子中的大多数测量次数当中，实际天气状况都不能与标准条件相符合，此时的测量数据就必须给予去除。

然而，花上一年的时间来对某一特定模块进行不定期的深入测量和研究还是有必要的，CPV

表1: IEC 62670-1所规定的CPV标准测试条件

	CSOC	CSTC
DNI [W/m²]	900 W/m²	1000 W/m²
温度 °C	20°C (环境)	25°C (电池)
风速 m/s	2 m/s	n.a.
光谱	直接垂直 AM1.5 光谱辐射分布与由 IEC60904-3 描述条件相一致。	

扩展阅读

G. Peharz et. al. “Indoor Characterization of CPV modules at Fraunhofer ISE”, Proceedings of the 5th International Conference on Solar Concentrators, Palm Dessert, CA, 2008.

C. Domínguez et. al. Optics Express 16 14894 (2008)

A. W. Bett et. al. “FLATCON-Modules: Technology and Characterisation”, Proceedings of the 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, Osaka, Japan, 2003, pp. 634-637

G. Peharz et. al. Solar Energy 83 1588 (2009)

G. Siefer et. al. “SOPHIA CPV Module Round Robin: Power Rating at CSOC”, to be published, presented at the 10th International Conference on Concentrator Photovoltaics, Albuquerque, New Mexico, April, 2014



了解 GaN HEMT 中的缺陷问题

重视可靠性测试和材料质量将有助于 GaN HEMT 在商业上获得成功。

RICHARD STEVENSON 报道

GaN 材料具有以下显著的优点：具有很高的电场击穿强度，从而使器件能在很高的电压下工作；具有高的热导率，因此过热现象对器件芯片来说也不会成为一个大的问题；具有良好的载流子输运性能，使其晶体管结构能在更高的频率下工作。

以上这些特点使得 GaN HEMT 具有非常好的发展前景。由于它在工作稳定性和高输出功率方面所具有的优势，使它在电力电子领域有望获得超过硅材料器件的市场份额，在射频领域将有望取代 GaAs 器件和真空管器件。

然而，GaN HEMT 在材料质量及其可靠性上还存在一些弱点，在它获得成功道路上还必须要克服一些障碍。

今年五月下旬在美国科罗拉多州丹佛市召开的 CS Mantech 会议上，有关 GaN HEMT 的性能问题获得了广泛的关注。在这次会议上，来自美国空军研究实验室（AFRL）的 Glen David Via 讨论了现有可靠性测试方法上所存在的不足；来自美国 MIT 的 Feng Goa 解释了 GaN HEMT 的电化学失效机理；来自美国加州大学 Berkeley 分校的 Petra Specht 展示了这种晶体管中的缺陷区域；日本 Aichi Institute of Technology 的 Yutaka Tokuda 报道了他们对在 GaN、蓝宝石及 SiC 衬底上生长 GaN 外延层中的电子和空穴陷阱所进行的综合性研究。

可靠性评估

AFRL 的 Via 认为，对 GaN HEMT 进行加速寿命测试并不能真正实现对它的可靠性评估。这是因为在进行寿命评估时，通常只是在一个相对较短的时间段内来获得数据，然后外推几

个数量级来得到结果。这意味着如果对沟道温度的估计不准确的话，或者对其材料热导率对温度的依赖特性上存在误差的话，那么使用这种方法所获得的寿命评估数值将会显著地偏离其真实值。

Via 说道：“在寿命测试方面我的建议是需要进行更为长时期的低温测试”，“这将有助于减小由于低激活能潜在失效机制所带来寿命评估问题”。

他指出可靠性加速测试的另外一个缺点是，所报告的数据只是对相对较少数量的样品进行加速寿命测试而得到。“另外，因为通常还没有对总体统计数据描述，所以不能够确定外推寿命的置信区间”。

Via 想要看到的是在平均失效时间（MTTF）研究上的偏离情况，即导致 50% 器件失效所需花费的时间，来对第一个或者是 1% 的器件失效所需的时间来进行预测。他说道：“这些数据将决定可靠性评判系统的应用条件是否已经具备”。

这次在丹佛召开的 CS Mantech 会议上，Via 还做了一个产业综述报告，对已报道或已发表的在 SiC 衬底上生长 AlGaIn/GaN HEMT 的论文提供了一个调查结果。在这项研究中他排除了生长在硅衬底上的 HEMT 器件，因为他只想考虑用于关键任务和军事领域的 GaN HEMT 情况。在这类应用中器件的 MTTF 需要达到 100 年，这相当于要达到一百万个小时，而商业应用的器件只需要达到 20 年的工作寿命即可。

Via 的研究是考虑采用多个温度的 DC 和 RF 加速寿命试验，该项试验是在沟道温度为 250 - 400 °C、漏极电压为 20 - 65V 的条件下进行。MTTF 数值是从低于 100 小时到高达 10,000 小时



技术 | Technology – GaN HEMT

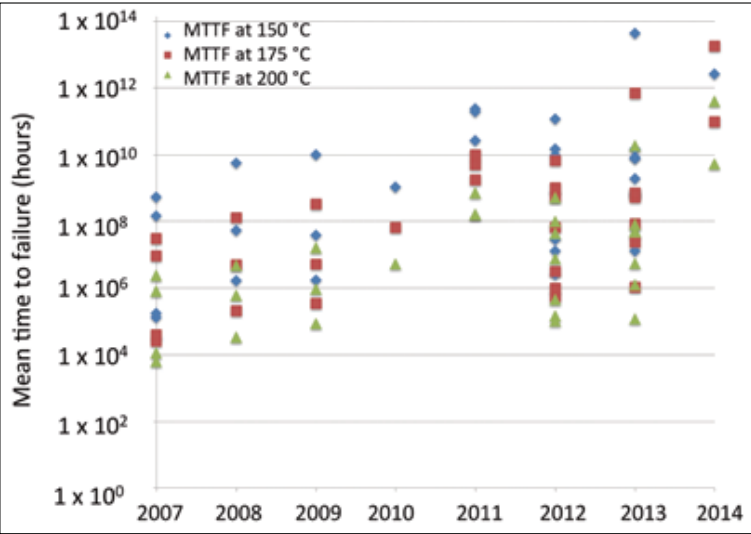


图1：美国空军实验室（AFRL）的Glen David Via在调查报告中指出，GaN HEMT的平均失效时间（MTTF）数值这些年来在稳步地增加。

之间变化，大部分数据都说明在标准工作条件下，包括沟道温度为 150℃ 的情况下，MTTF 数值将超过一百万个小时。Via 评论说：“从所给出可用的寿命数据来看，器件的商用可靠性是没有任何问题的”。

为了预测器件的寿命，研究者采用了 Arrhenius 绘图测算方法来获得激活能，它是通过对 MTTF 数据进行拟合后所得到直线的斜率来获得。

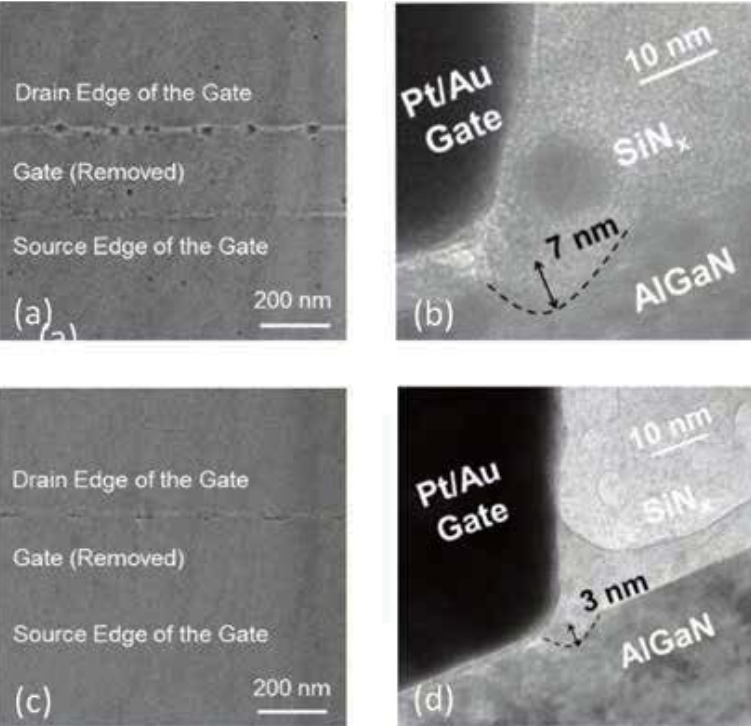


图2：Feng Gao及其在MIT的合作者所做的实验说明，水汽是GaN HEMT产生凹坑缺陷的主要原因。水汽饱和的氩气环境与干燥氩气环境相比（图a和图b），前者会产生更大和更多的凹坑缺陷（图c和图d）。

Via 说道：“在理想情况下，GaN 的激活能应该与文献所说的失效机理相关，这是与 Si 和 GaAs 是一样的”。然而，现在 GaN 业界已一致认为其主要的失效机制是与激活能相关，“许多研究小组都观察到的裂缝或凹坑现象都与 1.05eV 到大于 2.2eV 这个范围的激活能有关”。

为了说明这些多种失效机理是如何被提出的，Via 拿出了他的同事 Eric Heller 所写调查报告的结果，这项研究报告揭示了十多个对 GaN HEMT 失效的不同解释，包括了：扩散、缺陷渗透、表面势垒氧化和陷阱等因素。

Via 在工作中发现了一个很有意思的现象，就是在寿命测试中所得到的激活能数值近年来一直在增加，现在为 2.5eV 左右，而在 2007 年却只有 1.5eV（见图 1）。他将激活能数值增大的原因归结于材料及其工艺性能上的改进，并且他也相信这种寿命测试方法本身也会导致激活能数值的增加。“随着技术的不断成熟，要在一段合理的时间段内来实现加速失效已经变得越来越困难，为了使其产生失效也必将要施加更为苛刻的试验环境条件”。这样做以后所导致的一个主要后果是：所产生的失效并不代表是由器件经长久使用损坏这种失效机制所造成的。

Via 补充道：“情况将变得更为复杂，因为随着 GaN 技术的不断成熟，使得其寿命测试将无法使器件发生失效”。由此，工程师们只能先进行一个固定时间周期的测试，然后从失效的器件数来推得整批器件的 MTTF。在这种方法中，寿命估计和激活能数值将是所推得的 MTTF 数据中进行再次推导才产生，这将会增加整个测试结果的不确定性。

Via 还研究了激活能和多种器件性能之间可能存在的相关性。器件的外围结构对激活能没有影响，但当栅长减小时其激活能就会降低。漏极的偏置状况也不会影响到激活能，但在使用 RF 测试而不是用 DC 测试方法来进行加速测试时，激活能数值也将会降低。

AFRL 的传感器理事会将继续进行努力，通过 DC 和 RF 加速测试和长期工作条件下的测试来得到 SiC 衬底上 GaN 器件的可靠性。Via 说道：“该项工作的目的是，通过所提供的相关统计取样技术来帮助人们更好地理解 GaN 产生失效的物理机制，并增加在器件寿命评估上的置信度”。

电化学反应

MIT 的 Gao 和他的同事们指出，他们在 GaN HEMT 中关键结构的失效机制上已经有了一个较为全面的解释，即在晶体管表面附近会出现电致凹坑型缺陷。

该团队的领导 Tomás Palacios 说：“我们并不明白，为什么这种类型的失效仅被某些研究团队所观察到，而其他团队却没有发现”，“我们发现这是因为不同课题组的样品有所不同，这可能不仅仅只是在击穿电场强度上，而是在钝化层上的质量有特别差异”。

来自 MIT 的工程师们发现，当水与 III-N 族半导体的表面相接触时会形成凹坑，因为这时会导致电化学电池的形成，它是形成在栅极金属、III-N 族半导体的表面和钝化层相接触的栅极边界部位。

为了证实这种失效机制，需要在真空、空气和水汽饱和的环境下进行测试，试验使用了 MIT 和业界合作者制备的 GaN HEMT 器件样品。这些晶体管器件的结构包括有：3 nm 厚的 GaN 帽层，14nm 厚的 AlGaIn 的阻挡层，1nm 厚的 AlN 夹层和在半绝缘 SiC 衬底上沉积的厚 GaN 缓冲层。

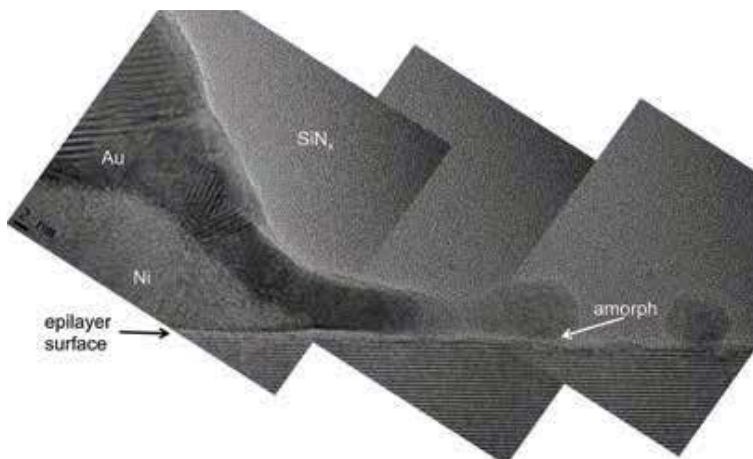


图3：美国Lawrence Berkeley国家实验室的超高分辨率、具有像差校正的透射电子显微镜可以对 GaN HEMT 栅极附近金层“脚”部进行剖面观察。

在上述结构上用金属蒸发工艺沉积 Pt/Au 层作为栅极，其栅长为 250nm，然后再采用等离子体增强 CVD 工艺沉积厚的 SiN 层作为器件的表面钝化层。

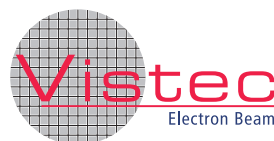
在同一片晶圆上取出两块芯片来进行测试，每块芯片上均含有五个相同的 HEMT。将两块芯片都处于漏极关闭的高强度偏置状态：栅 - 源电压为 -7V，漏 - 源电压为 43V（比击穿电压要低



Enjoy Infinite Possibilities.

Based on broad experience gathered over many years of developing, manufacturing and world-wide servicing field-proven electron-beam lithography systems, a team of highly-motivated employees, excellent researchers and creative engineers are constantly doing their best to fulfil our customers' requirements.

We understand E-Beam.



Vistec Electron Beam | www.vistec-semi.com

技术 | Technology – GaN HEMT

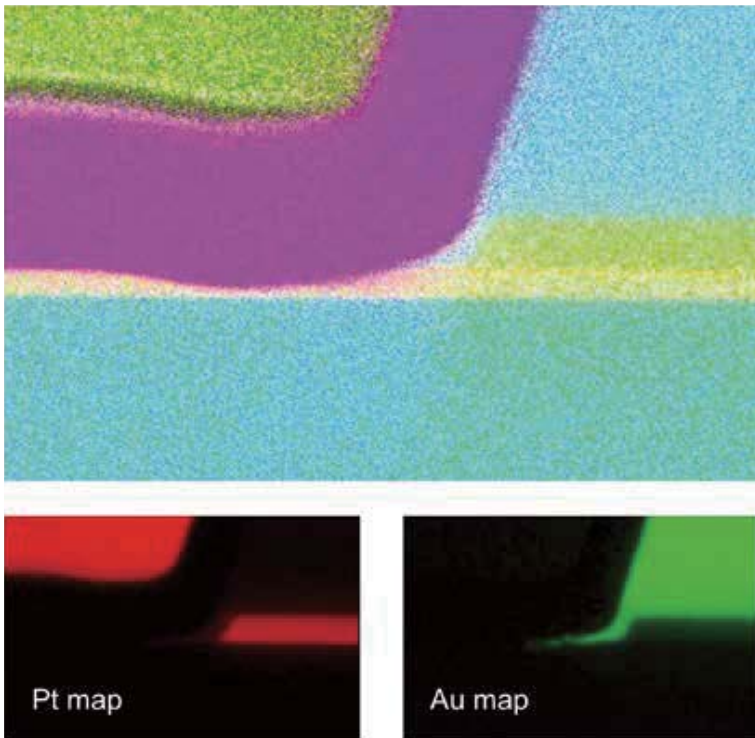


图4: X线能量谱可以辨别如硅、氮、氧、铝、镓、铂和金元素的存在位置。这项分析测量结果显示: 不存在GaN覆盖层; 形成了表面的AlOx; 随着氧含量的增大, 造成氮分布浓度的降低; 在“水滴”区域的表面堆积有金元素。

很多), 其中一个芯片放于空气环境中, 而另一个芯片则是放于 1×10^{-7} Torr 的真空环境中。

使用了多种显微技术观察这些芯片上的HEMT, 分别使用了扫描电子显微镜和原子力显微镜来观察研究已经去除栅金属层的裸露区域, 结果表明是在空气环境下而非真空环境下会形成尺寸更大、而且数量更多的凹坑 (详见图2)。

上述研究发现已通过对两个HEMT器件进行透射电子显微镜截面分析所证实, 这两个HEMT器件没有经过钝化层和栅极金属的刻蚀工艺。

通过X线能量色散谱分析, 工程师们还发现在这种凹坑缺陷中含有高浓度的氧元素以及低浓度的铝和镓元素, 氧气和水是氧元素的两个可能来源。为了从这两个可能中找出真正的来源, 该团队使用另外两个芯片, 每个芯片都含有五个相同HEMT器件, 进行与先前一样应力条件测试, 然而此时他们是将这些器件芯片放在水汽饱和的氩气或者干燥的纯氩气环境中。在水汽饱和和氩气环境中施加应力条件, 会在HEMT中发现更多的凹坑缺陷, 这说明了水分子是形成凹坑缺陷的主要原因。

为了排除其他因素的影响, 该团队还考虑使用其他气体, 例如氧气、氮气和二氧化碳, 将这

些气体在水汽饱和与干燥条件下所得到的结果进行对比。在水汽饱和条件下, 所有上述气体环境所产生的凹坑尺寸都会变得更大, 而作为氧来源的干氧或者干 CO_2 环境则只会产生尺寸非常小的凹坑缺陷。

该团队认为, 形成凹坑的根源是在栅极边缘的电化学电池造成AlGaIn层的阳极氧化反应, 该反应始于GaN表面, 在电力条件作用下, 它将会延伸到AlGaIn阻挡层中。当栅-漏二极管处于反向偏置时, 栅金属作为阴极向处于SiN/AlGaIn界面上的水分子提供电子, 而在AlGaIn势垒层中由陷阱辅助的带间隧穿效应将会为这一氧化反应提供空穴。

MIT的这一发现可能会受到一些争议, 因为厚的SiN层被广泛地认为是很好的水汽阻挡层。Palacios说: “然而, 没有事情是十全十美的”, 他指出了实际上仍有极少量的水分子能穿过SiN层进而损坏HEMT。

一个能显著减少凹坑形成的办法是转而采用性能更好的水汽阻挡层, Palacios说道: “我们团队使用了疏水性材料, 例如Teflon来延缓这种由水汽辅助产生的电化学反应, 这将会大大提高器件的可靠性和寿命。”

Palacios指出, 为了提高器件寿命, 引入场板和使用其他结构来降低电场强度将是一种很好的补充方法。该团队的目的是希望了解电场是如何来影响器件以及器件的物理失效是如何发生的。“与MIT和其他的合作者一起, 现在我们对位错和其他晶格缺陷在加速器件失效方面是否有作用的研究上有着极大的兴趣”。

发现点状缺陷

进行GaN HEMT缺陷研究的其他团队还有Specht及其在Naval研究实验室以及Naval研究生院的同事们。他们的工作是专注于采用可进行微区化学分析的超高分辨率和像差校正的TEM来发现和识别点状缺陷。他们用这种分析手段来区分外延层生长、器件工艺、晶体管工作对环境等各自所造成的影响。

Specht说到: “我们开发了高分辨率成像技术并将其用于纳米结构和二维材料的研究, 但我们还没有在完整器件结构的分析中进行过尝试”, “在当前GaN基器件的可靠性研究上, 即在发现和初步辨别失效机制的来源方面, 我们有着充分



的理由相信我们能实现技术上的超越”。

样品制备采用的是新型“全离子磨削”方法，在开始时使用高能聚焦离子束（FIB）进行剥离工艺，接下来采用低能氦离子磨削对样品进行局部清洗，使得能保持其结构上的完整性。切割是采用 30 kV 的高能 Ga 离子束，而其他的样品减薄和清洗分别采用的是 900eV 和 500eV 的低能氦离子束。

Specht 指出：“我们 TEM 成像的清晰度在同类型照片中是绝无仅有的”，他将其归结为是采用了世界上具有最佳像差校正的透射电子显微镜，这个显微镜具有 0.5 Å 的分辨率，现安装在美国 Lawrence Berkeley 国家实验室。

该团队研究了在各种硅衬底上生长的 HEMT，它们具有 1.2μm 厚的缓冲层，在其上是 800nm 厚的 GaN 层、17.5nm 厚的 AlGaIn 层和 2nm 厚的 GaN 帽层。他们所研究的器件组合包括有 PtAu 和 NiAu 层构成的栅极，这些器件要么是处于初始完好状态，或是经一段时间工作后发生了性能退化，或是在工作中就已经产生失效。

高分辨 TEM 图像显示了在靠近栅极边缘部位出现了两种典型的缺陷：一种存在于金层的“脚”部位。在它的边上，还有一个类似火山口的“水滴”，它在 PtAu 栅器件中处于更深的位置而且尺寸更宽大（见图 3）。Specht 和他的合作者相信，这两种延伸缺陷，即“脚”和“水滴”的相对位置表明它们的产生是与工艺有关的。

X 线能量色散谱分析说明在“水滴”中存在金沾污，它是由于栅极接触层的扩散造成的（见图 4）。这项分析也说明了随着 AlGaIn 层的变薄，在其表面会形成尺寸更大的含有金元素的非晶层。

这项分析研究最为惊人的发现之一是，除了外延层之外的其他所有的结构中并没有发现有 2nm 厚的 GaN 帽层。

Specht 承认：“我还不确定这对于初始晶圆来说是多么的不寻常”，“我们的样品可能是从晶圆的边缘部分得到的，可能会有不均匀的沉积”。这也有可能是在进行器件工艺之前的初始清洗步骤导致去除了这种 GaN 帽层。Specht 说：“我们正在试图弄清这些问题”。

载流子陷阱的分类

与此同时，日本 AIT 的 Yutaka Tokuda 对在

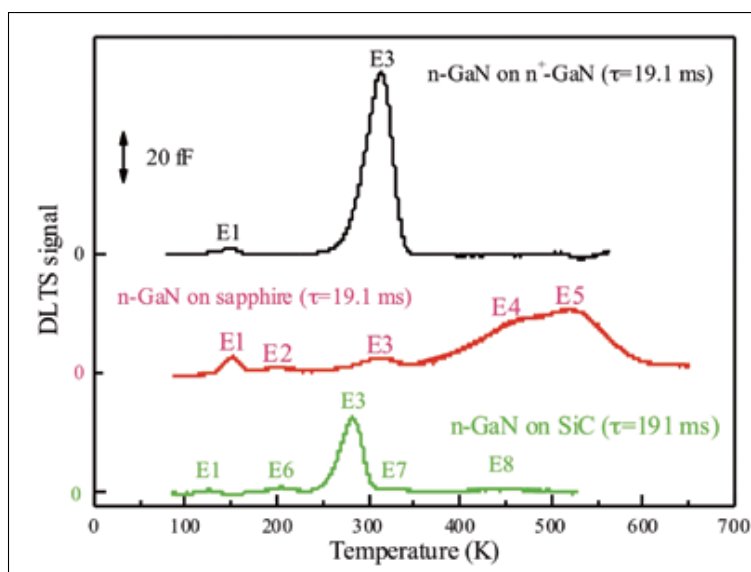


图5：深能级瞬态谱能够揭示多种衬底上生长GaN层中的电子陷阱。

蓝宝石、GaN 和 SiC 衬底上生长的 n 型 GaN 中的电子和空穴陷阱进行了综合性的持续研究。在 CS Mantech 会议上他指出，在 Schottky 二极管、p+n 二极管和 MOS 结构的深能级瞬态谱和少数载流子瞬态谱中，在 0.24-1.2eV 能量范围发现存在有 9 个电子陷阱，在 0.25-1.8eV 能量范围存在有 5 个空穴陷阱（见图 5）。

在上述所有的 14 个陷阱中，在 MOCVD 生长的 GaN 中一般都能观察到其中的 3 个，而与其所用的衬底种类无关。电子陷阱的能量范围为 0.24-0.26eV 和 0.57-0.61eV，而空穴陷阱的能量范围为 0.86-0.88eV。根据 Tokuda 所说，较低能量的电子陷阱可能可能是由位错形成的，而较高能量的电子陷阱则是依赖于生长条件，例如温度和压力；而空穴陷阱可能仅仅只与生长条件有关。

Tokuda 还说道：“我们在两英寸和三英寸晶圆上用 MOCVD 生长了 n 型 GaN，并对每片晶圆都进行了陷阱浓度分布的研究，以获得陷阱浓度与所制备器件性能之间的关系”。

这些努力加上其他团队者对 GaN HEMT 缺点的研究，都将有助于解决 GaN 器件的缺陷问题，并最终将推动它在商业上获得成功。

- 请注意，Glen David Via 的观点、看法或者是调查结果，在直接和间接上都不能理解为是代表了美国空军研究实验室或者国防部的官方观点或者政策。





5th CS International Conference 2015



CS International 2015 will provide timely, comprehensive coverage of every important sector within the compound semiconductor industry.

The 5th CS International conference will be held at the Sheraton Frankfurt Airport Hotel, in Germany on Wednesday 11th & Thursday 12th March 2015. The conference will build on the success of its predecessors, with industry-leading insiders delivering more than 30 presentations spanning six sectors.

Please visit www.cs-international.net for further information on this event.

Book your place NOW

Please visit www.cs-international.net/register.php to secure your place

TWO DAYS, SIX THEMES, OVER 30 INSPIRING PRESENTATIONS

Six key themes lie at the heart of CS International 2015: solid-state lighting, power electronics, front-end mobiles, optoelectronics, III-V CMOS and RF electronics. Within each topic there is a key-note presentation from one of the most influential companies within this sector; one talk by a leading market analyst who will discuss trends within the industry and presentations by the leaders of firms developing cutting-edge technology in this field.

CS INTERNATIONAL
CONFERENCE

Connecting, informing and inspiring the compound semiconductor industry

All speakers and presentations are subject to change.



A selection of the 30+ presentations over two days covering six themes

SOLID-STATE LIGHTING

Soaring sales of LED bulbs are creating a great opportunity for chipmakers. But what do companies need to do to stand out from the crowd and win substantial orders while maintaining healthy margins?

KEYNOTE	Opportunities for laser diodes in solid-state lighting Jon Wierer - SLS Scientist - Sandia National Laboratories	
ANALYST	How will the solid-state lighting evolution unfold, and what will it mean for the LED chipmakers? Stewart Shinkwin - Market Analyst, LEDs and Lighting - IHS Technology	
SPEAKER	Commercialisation of GaN on Silicon for LEDs Keith Strickland - Innovations & Technology Director - Plessey Semiconductors	
SPEAKER	Increasing LED output with advanced plasma processing Mark Dineen - Product Manager - Oxford Instruments	
SPEAKER	Lowering LED epitaxial wafer cost through AlN transition layers using PVD Scott Kroegar - Vice President, Product Commercialization - Deposition & SiC - GT Advanced Technologies	

OPTOELECTRONICS

Does the growth of the datacom market signal a long-awaited return to better times for the makers of optical components? Is the CPV industry finally starting to gain a foothold in the solar industry?

KEYNOTE	Presentation TBC TBC - SOITEC	
ANALYST	Where the CPV industry is heading, and what it needs to do to increase its market share? Karl Melkonyan - Analyst - Solar Research - IHS Technology	
SPEAKER	Mid infrared light emitting diodes enable portable, battery powered gas sensing Des Gibson - CEO - Gas Sensing Solution	
SPEAKER	IC design for very high-speed optical communications – A holistic approach The' Linh Nguyen, Senior Manager IC Development- Finisar	

RF-ELECTRONICS

The potential of GaN in the RF arena has never been in doubt. But does it now satisfy all the requirements for deployment in the most taxing situations?

KEYNOTE	GaN for radar applications Takahisa Kawai - General Manager - SEDI (Sumitomo Electric Device Innovations, Inc.)	
ANALYST	The Future for GaN, SiC, InP and GaAs in defense/military applications Asif Anwar - Director - Strategy Analytics	
SPEAKER	Presentation TBC Walter Wohlmuth, Associate VP Technology- WIN Semiconductors Corp.	

POWER ELECTRONICS

From a performance perspective, GaN and SiC are superior to silicon But high prices are holding them back from displacing the incumbent. How can this be addressed?

KEYNOTE	Ditching the package to drive down GaN transistor costs Alex Lidow - CEO and Co-founder - Efficient Power Conversion (EPC)	
ANALYST	When can WBG power electronics truly take off? Pierrick Gueguan- Senior Power Electronics Market Analyst - Yole Développement	
SPEAKER	SiC technology in power electronics – a step change in value Markus Behet - Global Market Segment Manager - Dow Corning Corporation	
SPEAKER	High performance GaN-on-Si power epiwafers employing rare earth oxide buffer layers David Williams - VP of Business Development - Translucent	
SPEAKER	Presentation TBC Chris Horton - Director, Global Sales & Marketing - Cree Materials Business	
SPEAKER	Presentation TBC TBC - KLA-Tencor	
SPEAKER	Developments in PVD technology for power electronics enabling roadmaps in compound semiconductor devices Reinhard Benz - VP Sales and Marketing - Evatec	
SPEAKER	Presentation TBC Yoga Saripalli- Team Leader, GaN Epitaxy Group - IMEC	
SPEAKER	Optimization of III-V R&D and manufacturing using advanced analytical methods Temel Buyuklimani - Senior Director - Quadrupole SIMS Services - Evans Analytical Group	

FRONT-END MOBILES

What’s the biggest threat to revenues for GaAs power amplifiers? Is it the emergence of multi-band, multi-mode PAs built with this material, or the emergence of CMOS solutions?

KEYNOTE	The path to intelligent integration Jim Cable - CEO, President and Chairman - Peregrine Semiconductor	
ANALYST	Multi-mode, multi-band PAs: friend or foe to the compound semiconductor industry? Eric Higham - Director - Advanced Semiconductor Applications - Strategy Analytics	
SPEAKER	Improving system level integration and overall efficiency Peter Gammel - Corporate CTO - Skyworks Inc.	
SPEAKER	LTE is driving complexity in smartphone design Sean Riley - Vice President of Mobile Products - TriQuint	

CS INTERNATIONAL
CONFERENCE

Connecting, informing and inspiring the compound semiconductor industry

III-V CMOS

By the end of this decade, it is said that silicon CMOS will have run out of steam. But what role will III-Vs have to play in the microprocessors of the future?

KEYNOTE	Heterogeneous integration of III-V's and CMOS Daniel Green - Program Manager - DARPA	DARPA
ANALYST	When will III-Vs make an impact in the silicon foundries? And will it last for long? Mike Corbett - Managing Partner - Linx Consulting	LINX-Consulting
SPEAKER	III-V FETs for future logic applications Jesus A del Alamo - Director of the Microsystems Technology Laboratories - MIT	
SPEAKER	Opportunities and challenges of III-Vs in Si-based nanoelectronics industry Matthias Passlack - Deputy Director - Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC)	tsmc
SPEAKER	Advanced in-situ metrology for III-V on silicon technology Kolja Haberland - Chief Technology Officer - LayTec	LAYTEC Knowledge is key

A SELECTION OF THE COMPANIES ALSO PRESENTING INCLUDE:



SPONSORS				
PLATINUM	CREE	DOW CORNING	EAG Evans Analytical Group	EPIGAN
	evatec process systems			
	EVG	GT ADVANCED TECHNOLOGIES	KLA Tencor	LAYTEC Knowledge is key
	OXFORD INSTRUMENTS The Business of Science®	Translucent www.translucentinc.com	YOLE Développement	nanometrics
GOLD	AXTRON	CS CLEAN SYSTEMS® Exhaust Gas Abatement	IQE	PALL Microelectronics
				seren photonics
EXHIBITION	KITEC	Panasonic	DELEGATE BAG	TriQuint Reach Further • Reach Faster™
				AWARDS
LANYARD	SAFC Hitech™ Enabling Technology	PORTFOLIO	Plasma-Therm A LEADING SUPPLIER OF PLASMA PROCESS EQUIPMENT	SUPPORTED BY
				EPIC European Photonic Initiative Center-Berlin

更好、更亮的荧光粉

新配方提升了 LED 照明的品质和强度

HERB SCHLEGEL、NICOLE RUTHERFORD; Intematix



在世界各地的办公室、住宅和酒店中，LED 灯泡凭借其高效率 and 长使用寿命，正迅速取代白炽光和荧光源。尽管前期成本稍高，但从长远来看，它具有高成本效益比，因而备受青睐。

随着从利基产品到主流产品的转变，人们对于可提供更高品质白光的 LED 光源的需求日益增长。可用各种指标来对此进行衡量，但通常情况下，如果光源能提供广范围的相关色温 (CCT) 和高显色指数 (CRI)，并且能随时间推移仍保持该色彩性能，就属于高品质光源。

在 LED 照明市场的初期阶段，如果光源达到 4000K 的 CCT 和 70 CRI，则对于大多数应用便是可接受的；但是在最近几年，零售业和酒店照

明要求达到 3000K 的 CCT 和 80 CRI。此外，随着最近的技术进步，这些领域现在需要 2200K 至 4000K 范围的 CCT，并且 CRI 需要高达 98。

为满足这一需求，荧光粉材料的制造商需要开发高效生成白光的产品，从而提供范围极广的光谱。

位于加利福尼亚州弗里蒙特 (Fremont) 的 Intematix 公司正是致力于此，我们拥有不断扩大的荧光粉产品组合，包括绿色和黄色铝酸盐、绿色和黄色石榴石、红色氮化物和硅酸盐。

这些荧光粉涵盖广范围的波长，具有非常高的效率 - 它们可达到超过 97% 的量子效率 - 并且应用范围广泛，从手机到电视显示屏以及日常照明和汽车照明等，皆有所用。

生成白光

用于当今照明中的 LED 由首个白光发射 LED 演变而来，它于 20 世纪 90 年代在日本兴起，采用蓝光发射芯片来抽吸黄色荧光粉（参见图 2a）。在该形态的白光发射装置中，并非所有蓝光发射都由该荧光粉吸收，并且白光源自蓝色和黄色的混合。如今，该方法仍被广泛使用，且具备极高效率优点。然而，由于缺乏红光发射以及可见光谱的橙色区域，其显色指数较低。

为了改善固态光源的 CRI，制造商们正在日益转为采用两种甚至三种荧光粉的策略。通过发射红光的荧光粉来补充黄色荧光粉，从而实现更广泛范围的 CCT 和更高的 CRI，同时通过组合红色和绿色荧光粉，甚至可达到更高的值（参见图 2b 和 2c）。

基于蓝光发射芯片的白光 LED 开拓者 - 日亚公司的中村修二以及来自名古屋大学的赤崎勇和天野浩为首的学术团体 - 率先发现 YAG（钇铝石榴石）和蓝光发射半导体芯片的组合可提供高亮度白光。为了保护这一研究成果，日亚立即对该组合申请了专利，并在 1996 年被授予了美国专利 5,998,925。该专利描述了吸收部分蓝光并发射黄色光的荧光粉的使用，并对与任何石榴石组合物结合蓝色芯片的使用进行了限制，所述石榴石组合物至少包含以下一种元素：钇、镧、铈、镧和钕；还包含以下一种元素：铝、镨和钕，并通过铈活化。

值得注意的是，日亚专利未限制 YAG 荧光粉的制造和销售，而是限制了其在制造白光 LED 上的应用。因此，具有该专利许可的各公司可从任何制造商购买 YAG 以用于其 LED 装置中。然而，使用该许可仍然要支付一些额外成本，因此大多数 LED 制造商希望通过使用 YAG 以外的荧光粉来避免该成本。

为了满足这一需求，在 2006 年我们开始进



图1：Intematix 生产的荧光粉材料，包括基于 YAG、硅酸盐、氮化物和铝酸盐的荧光粉材料。

行基于硅酸盐材料的荧光粉的商业生产。作为采用独有组合物的早期生产商之一，我们的硅酸盐凭借其高亮度、广范围可用颜色以及相对较窄的发射带宽而迅速得以广泛应用，这些特性是白光 LED 主导市场显示器制造商最为重视的方面。三年以后，我们凭借自有品牌的石榴石荧光粉 NYAG 扩展了我们的产品。

在过去数年中，我们专注于满足新兴照明市场的要求，推出了绿色和黄色铝酸盐（GAL）以及红色氮化物产品以持续拓宽我们的产品线。这些创新增加了 LED 制造商可用的高性能荧光粉系列数目，并且我们继续精化和优化每个系列的亮度和粒度、形状、光洁度和一致性。我们现在是业界粒度范围最广的供应商之一，可以使客户针对具体应用选择最佳尺寸和分布。例如，较小的粒子更容易分散在硅氧烷中并且通常可提供最佳角度颜色均匀性，而较大的粒子更容易提供高亮度。

在固态照明市场，我们的 GAL 荧光粉提供比硅酸盐荧光粉甚至比 YAG 材料更广泛的发射光谱，因此特别适合灯泡更

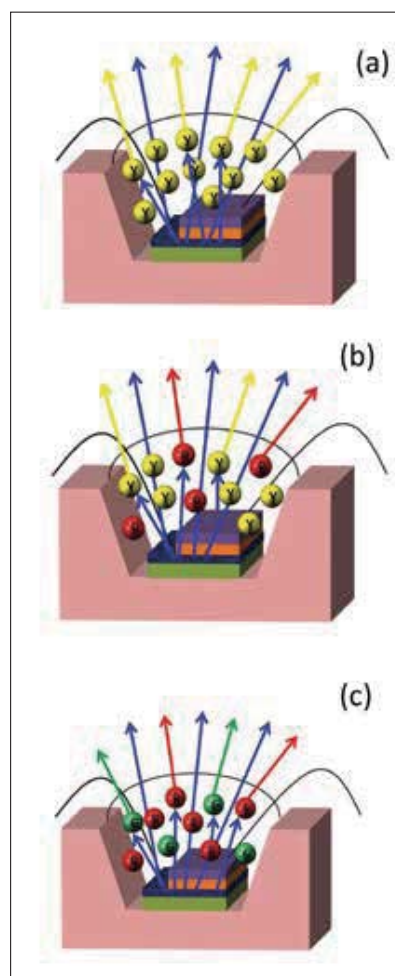


图2：现今有三种不同方法用于制造白光发射 LED 产品。这些方法的变化和荧光粉相关，可直接应用于 LED 芯片。白光发射 LED 的开拓者向蓝光 LED。(a)添加了黄色荧光粉。(b)通过添加红色荧光粉，或者 (c)采用红色和绿色荧光粉的组合，可实现更高的颜色品质，但同时会降低效率。

技术 | Technology – LED

换应用，在这种应用中要求和白炽光相似的广泛光谱输出。同时，我们的红色氮化物荧光粉具有和硅酸盐荧光粉相似的更窄的发射带宽。在发射红光时，需要较窄的发射带宽 - 如果存在红外线波长的光谱输出，因眼睛对此不敏感，将在不可见光上浪费能源。

在中到高功率 LED 中，我们的红色和绿色荧光粉具备优于较早硅酸盐的性能。在高功率 LED 中，荧光粉通常达到 100℃ 或更高温度，在这种情况下，GAL 和红色氮化物荧光粉具备的效率比硅酸盐荧光粉高 10%-15%。实际的测量凸显了这一热稳定性优势：在 0℃ 和 200℃ 之间，GAL 荧光粉的发光强度仅降低几个百分点，而传统 YAG 则会下降 20% 以上（参见图 3 和图 4）。

此外，我们的 GAL 和红色荧光粉组合可实现接近完美的高达 98 CRI 的显色性。

GAL 荧光粉的广泛绿光发射可实现高 CRI，而我们的红色荧光粉则是生成更高 R9 值的关键，R9 为照明光源获取深饱和和色调红色效果的度量方式。这些荧光粉用于零售业和酒店市场所应用的白光 LED 上，为我们的色彩稳定性树立了新基准：这种稳定性令人眼难以察觉，并且在积极加速的寿命测试中仅在 2SDCM（即 2 阶麦克亚当椭圆，其为众所周知的衡量颜色变化的度量方式）下测量。此外，这些荧光粉相对较新，因此还在持续开发不同的波长和方法来改善每种组合物的效率（参见图 5）。

光明未来

荧光粉的销量将随着基于 LED 的照明市场的扩大而上升。据 McKinsey & Company 报告，基于 LED 的照明市场在 2012 年和 2016 年之间在价值上每年应当平均增长 38%，并且我们预期荧光粉销量增长速度应更快，因为 LED 制造商在制造更高品质的具有更低 CCT 和更高 CRI 特性的白光源中，使用的红色和绿色荧光粉肯定更多。随着 LED 制造商为了在优化亮度、CRI 和 R9 值上获得竞争优势而采用更为复杂的混合策略，对于更先进的荧光粉材料的需求也随之上升。

我们对未来非常乐观的另一个原因在于，我们的荧光粉产品组合日益呈现以下趋势：不仅拥有具备稳定化学结构的材料（使用寿命高达 50,000 小时，至少等同于灯泡使用寿命），并且还包含具有极佳热稳定性的材料。

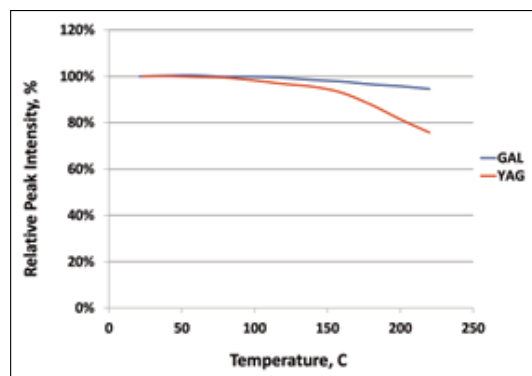


图3：绿色铝酸盐 (GAL) 具有极佳的热稳定性，有助于在高电流密度工作下生产高效 LED 灯泡。

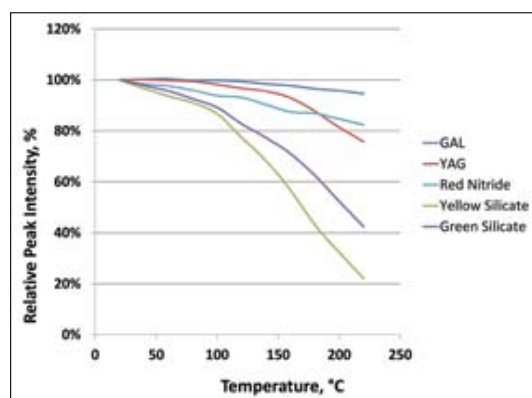


图4：Intematix 通过转为采用新材料而改善了热稳定性。

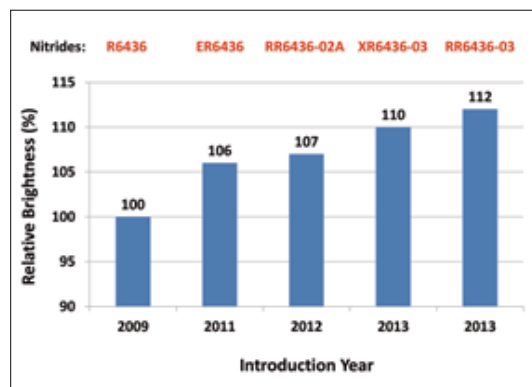


图5：Intematix 稳步提升了其红色氮化物材料的亮度。

灯泡制造商努力使其 LED 变得非常坚硬，因这样可减少总芯片数以及材料成本，并且这需要高温下具备更高化学和热稳定性的荧光粉。我们最新的荧光粉可完美地满足该需求。

例如，用 GAL 封装的芯片可在 150℃ 下保持其初始亮度的 97%-98%，而我们的红色氮化物可经受最为严格的使用寿命测试，几乎不损失亮度并且颜色极其稳定。灯泡制造商也从涂覆荧光粉的 LED 转向远程荧光粉体系结构。由于荧光粉粒子较小，它们产生的光会自然散开，因此在涂覆

荧光粉的 LED 中，在生成光之后，一部分光会反射回芯片表面并损失。远程荧光粉则避免了这种损失，并且也具备在更低温度下工作的优势，从而进一步提升总体效率。

为了支持基于远程荧光粉的固态照明的发展，我们专门为该应用开发了材料，其可应用于二维薄片以及三维形状，例如半球或管。凭借最佳的几何形状，效率通常提升 15% 以上。

但是与具有扩散片的白光 LED 相比，在效率上可提升 30%。

通过这一改进，同时借助我们可靠、高效的荧光粉来确保极佳的颜色品质和稳定性，我们促进了固态照明的革新。

这一革新不仅借助高效 LED 减少了二氧化碳排放量，更为重要的是，可以为住宅和办公室照明提供极佳的白光，实现其照明效果的进一步

提升。

荧光粉与中国

在中国大陆，绝大多数 LED 封装公司都遇到以下障碍：缺乏与组合使用蓝光芯片以及 YAG 或硅酸盐荧光粉相关的 LED 装置知识产权。因此，大多数中国公司面临阻碍其产品出口的限制。

Intematix 可通过以下方式帮助这些中国公司解决难题：提供极佳的产品性能，利用我们在中国当地的制造基地，并提供同时涵盖红色和绿色荧光粉组合物及其在 LED 上的应用的知识产权组合。中国 LED 制造商希望具有更高的光品质优势，并且要提供受知识产权保护的产品以促进将产品出口给照明设备制造商（这些制造商向比如 Home Depot 和 Ikea 的终端客户销售产品），对于他们来说，Intematix 荧光粉的价值尤为明显。

上接第6页

相反，Madakasira 估计大约只有两个 GaN-on-silicon 制造商在提供低电压应用产品。她补充说：“我们知道，GaN 开发者在近期，至少在未来三到五年，不打算将汽车行业作为目标。”

这些 GaN 公司已经进军可再生发电和电网存储市场。“在汽车市场获得认证需要时间，GaN 公司不能在一夜之间产生收入，”Madakasira 说，“2015 年我们将会看到 Transphorm 的第一个 GaN 太阳能逆变器冲击市场。在汽车市场变得更加艰难之前，这项技术必须立足市场并建立信誉。”

同时，SiC 器件首先有望装入充电式混合动力电动汽车，它节约的能源相对于整个汽车的消耗也是很大的减少（见图）。

Madakasira 指出，一些电动汽车，如尼桑 Leaf，可能不会采用 SiC 器件，因为它们的电池已经是很小了，并且更独特的二极管或晶体管对这种低端车型来说太昂贵了。

“节约的成本必须能抵消高价的 SiC 器件，”她解释说。“虽然这不能发生在尼桑上，但我们希望插电车辆可以成为这类解决方案的切入点。”

最终的汽车

GaN-on-silicon 二极管和晶体管进入电动汽车市场只是一个时间问题。Madakasira 估计这项技术可能会在十年内有所突破，当 GaN-on-silicon 器件在其他领域中被试用和测试后，预计在 2023 年会有产品发布。

“SiC 是唯一理想的汽车技术，这是一个常见的误解。是的，SiC 可以在高温时工作，但不是每种汽车功能都需要，所以对于 GaN 来说，用于汽车只是时间问题，没有如果，”



三菱充电式混合动力概念汽车GC-PHEV被视为是SiC器件应用的最佳范例。

她说。“我们也希望看到混合系统，Si、SiC 和 GaN 的任一组合，或者 GaN 和 SiC 的简单组合。”

成本不应该成为后来者 GaN-on-silicon 的主要问题。虽然硅衬底上日益复杂的缓冲层的费用，减少了一些使用大直径硅片带来的明显成本效益，但 GaN 器件仍将比 SiC 产品便宜。“GaN-on-silicon 器件的价格永远不会和（纯）硅产品一样便宜，但它们可能会比 SiC 器件便宜，因为 SiC 器件的衬底成本一直很高，”Madakasira 解释道。

Madakasira 认为未来可能还会出现碳化硅上氮化镓（GaN-on-SiC）器件，在一些目前使用 SiC 器件的高电压领域中应用。“虽然 SiC 器件在高电压（大于等于 900V）下可以表现很好，但 GaN-on-SiC 可以吗？”她问道。“一些公司声称拥有相关专有技术，但目前仍然没有任何使这些产品商业化的业务，所以是否可行还有待观察。”

应用晶圆直接键合进行绝缘体上 InGaAs 晶体管的大规模生产

应用 III-V 族缓冲层在供体硅晶圆上形成 InGaAs 层

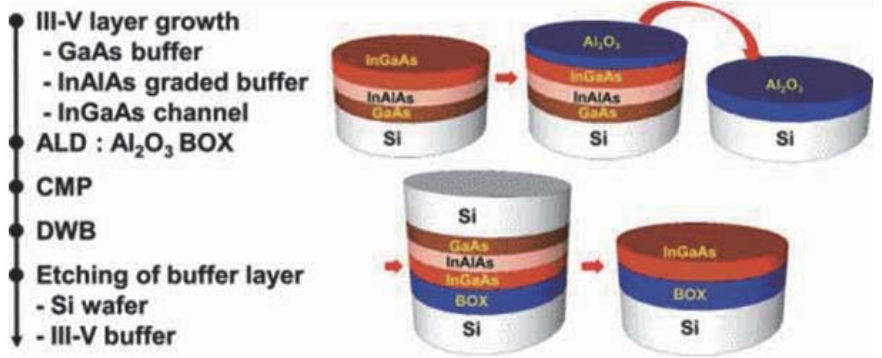
业界目前的研发成果终于已经能够在硅晶圆上进行 III-V 族器件的异质集成，这是一种将光子与电子器件相结合的应用，但是现有的方法还存在诸多缺点，比如与当前的硅基技术相比，还存在器件质量低下且成本高昂等问题。

来自东京大学、JST-CREST 以及 IntelliEPI 公司的研究团队最近证实，可以用绝缘体上 (OI) 的 InGaAs 层来制造 InGaAs 器件，这种 InGaAs 层是形成在带有 III-V 族缓冲层的硅供体晶圆上，而不是形成在 InP 供体晶圆上。

根据他们的报道，InGaAs-OI 晶体管中的电子迁移率可高达 $1700\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ ，且漏电流分布十分均匀，这意味着该种器件具有高的薄膜层质量和低的缺陷密度。

他们在 Applied Physics Letters 上发表论文，解释了他们所采用的技术是如何将来 III-V-OI 结构扩展到大尺寸晶圆上的应用，即可扩展到 300mm

尺寸硅晶圆上。而且所形成薄膜层的质量高、成本低，他们还采用了拉曼光谱和光荧光光谱验证了这种薄膜层的高质量。



如图显示的是应用在这项研究中所开发 DWB 技术的 InGaAs-OI 晶圆工艺流程。InGaAs/InxAl1-xAs/GaAs 结构层是在硅晶圆衬底上用外延生长形成，在沉积 Al_2O_3 作为一个 BOX 层后，采用化学机械抛光 (CMP) 使得 Al_2O_3 /III-V/Si 晶圆的表面能变得更为光滑，再进行晶圆与晶圆间的键合，随后采用湿法腐蚀来减薄顶部的 Si 层和 III-V

缓冲层，最终形成 Si 衬底晶圆上的 InGaAs-OI 薄层结构。

在 Si 晶圆上进行 III-V 族化合物半导体的异质集成是高性能电子以及

光子器件应用中最为关键性的问题。研究人员认为，In 基 III-V 族化合物半导体材料是未来 CMOS 电路 n 沟道晶体的最佳沟道材料，这是因为它具有很高的电子注入速率，使得可用它来替代现在已经面临物理极限的 Si 基沟道材料。

SangHyeon Kim et al, Appl. Phys. Lett. 105, 043504 (2014)

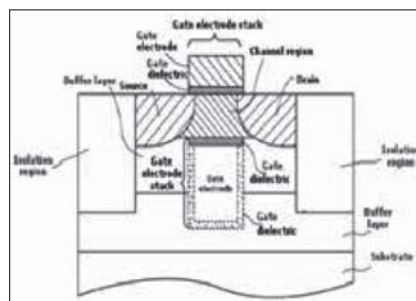
英特尔开发采用 III-V 族或锗活性层的深型栅极器件

设计目的是抑制结漏电流。

美国专利商标局 (USPTO) 发表了一项英特尔工艺工程师的专利申请书，描述了一种采用锗或者 III-V 族的活跃层的深型栅极 (deep gate) 半导体器件。这个想法是为了在小特征尺寸器件中减少寄生泄漏电流。

晶体管尺寸缩小可以允许在一个芯片上拥有更多的功能，但它也带来了越来越多的困难——尤其是对每个晶体管降低泄漏电流和降低功耗来优化性能的需要日益增加。

多栅极器件，例如三栅极晶体管，



已经成为一个答案。三栅极是通过在两个垂直栅极上面堆叠一个栅极，这样可以有更大的表面积供电子经过。

在传统的工艺中，三栅极晶体管

通常被制作在体硅或绝缘体上硅 (SOI) 衬底上，这样可以减少电流泄漏。体硅衬底是首选，因为他们更便宜且更容易制造三栅极，但是往往很难在晶体管主体底部实现金属栅电极与源极和漏极扩展末端的对准。

为优化栅极控制需要进行同轴度处理以便减少短沟道效应：如果源极和漏极扩展末端比栅电极更深，可能发生击穿现象；反之，如果栅电极比源极和漏极扩展末端更深，结果可能会产生不需要的寄生电容。



应用一种可替代 CMP 工艺的方法来制备 III 族氮化物非极性 VCSEL 激光器

采用光电化学刻蚀方法来制备具有 100% 偏振度的 VCSEL 激光器

来自加州 Santa Barbara 大学的研究人员已经公布了一种用来替代化学机械抛光和激光剥离工艺的方法，来去除 III 族氮化物 VCSEL 的衬底。

这是一种称之为光电化学 (PEC) 带隙选择性底切刻蚀的方法，该技术也被研究团队用于自上而下的刻蚀工艺中，以对激光器的共振腔体长度进行高精度的控制。

研究人员在《应用物理快报》(APL) 发表论文，介绍了他们使用 PEC 刻蚀方法来制作基于 InGaN 多量子阱的 405nm 波长 m 面 VCSEL 激光器。

非极性 III 族氮化物光电器件引起了人们很大的研究兴趣，因为它们所具有发展潜力能克服 c 面 III 族氮化物器件的缺点。在 c 面器件中，压电和自发极化电场的方向是垂直于量子阱 (QW) 平面的，这将会导致产生量子限制的 Stark 效应 (QCSE)。

此外，非极性 m 面激光器已被证明具有优异的特性，如具有相对于电流的线性增益、较低的透明载流子及其电流密度，较高的峰值材料增益以及各向异性的增益等特性，使得 m 面的应用对于 III 族氮化物激光器有着特殊的意义。

与采用边缘发射的激光器相比，

III 族氮化物 VCSEL 有着诸多的优点，如能提供一个圆形的输出光束、单纵模下工作、小的输出光束发散角度、小的阈值电流、小的器件占位面积以及高的调制频率，它还具有垂直于基板的光发射这一特征，可以用来制造高密度二维激光器阵列。

这些特征使得它们十分适用于 2D/3D 显示器、高密度的光存储、微型投影仪、激光打印、激光照明、生物传感器和 Li-Fi 通信等领域。许多研究团队都已经制作成功了紫色和蓝色 c 面 VCSEL 的室温下工作连续波 (CW) 激光器，以及绿色 c 面 VCSEL 和紫色 m 面 VCSEL 的脉冲波激光器。

但是要制作出 III 族氮化物 VCSEL 还是一个令人感到棘手的工作，它的设计通常需要采用混合外延 / 介质分布或者是双介质的布拉格反射层 (DBR)，但这两种方法都存在着问题。

例如，对于双介质 DRB 设计而言，它是在 VCSEL 的 n 型侧和 p 型侧都使用介质 DRB，需要进行倒装芯片键合以及在 VCSEL 的 n 型侧去除衬底并沉积 DBR 层。通常这是采用激光剥离和 / 或化学机械抛光 (CMP) 工艺来实现，但这会使得共振腔体的厚度难以控制，会导致 Fabry-Perot (FP) 波长和峰值

增益波长 (增益) 的偏移除了晶圆的均匀性问题以外，单纵模的共振腔体制造也较为困难。

在 m 面 VCSEL 进行 PEC 刻蚀是去除衬底方法中一种有很前途的选择。根据研究人员的研究，该技术可以用外延生长来控制共振腔体的长度，并在倒装芯片 VCSEL 的 n 型侧获得外延级别的表面粗糙度，从而可有效地降低在共振腔体长度上的不确定性，以及在 VCSEL n 型侧 DBR 上的光散射损失。此外，PEC 底切刻蚀具有一种相对无损的特性，这也为衬底的再次利用提供了可能性。

他们对采用 PEC 刻蚀技术制造的 m 面 VCSEL 与温度相关的激光发射特性进行了分析，对从同一晶圆上制备的多个 VCSEL 激光器所进行的测试表明，整个阵列在 a 方向具有均匀的光偏振，其偏振度为 100%，这是由于 m 面 InGaN/GaN 量子阱所具有的各向异性增益这一本征特性所致。

'Nonpolar III-nitride vertical-cavity surface emitting lasers with a polarization ratio of 100% fabricated using photoelectrochemical etching' by CP Holder et al is in Appl. Phys. Lett. 105, 031111 (2014) <http://dx.doi.org/10.1063/1.4890864>

深型环栅

英特尔的专利申请描述了深型环栅器件形式的解决方案，它尤其适合于采用纳米线或纳米带作为沟道的锗或 III-V 族材料的场效应晶体管。由于具有高电子迁移率，从而能改善器件的功耗 / 性能比，III-V 材料可能会成为未来主流逻辑芯片的沟道材料，因而越来越受到关注。

环栅晶体管类似于 FinFET 和 Omega-FET，他们都用硅将导电沟道包裹起来形成器件的主体。硅“包裹”的厚度决定了沟道长度。该方法使沟道具有更好的电控制性能，有助于降低漏电流。环栅并不是用栅极材料全面包围沟道区域。

英特尔专利申请书中还有如图的图示。对器件的描述包括：在衬底上面

有一个缓冲层；缓冲层上面是一个活跃层；然后在上面做一个栅电极堆栈，完全包围活性层沟道区，并且在缓冲层里的沟槽之内；在栅电极堆栈两侧的活性层和缓冲层里面，放源极和漏极。栅电极堆栈要在缓冲层里足够深的位置，低于源极和漏极区域，以阻止从源极到漏极的大部分电流泄漏。详细内容请参阅美国专利号 20140203327。





采用 SOI 衬底来改进 AIN 的生长质量

绝缘体上硅 (SOI) 衬底为生长高质量的 AIN 薄膜提供了基础

来自中国清华大学的工程师证明,将硅基衬底改成绝缘体上硅 (SOI) 基衬底可以提高 AIN 薄膜的生长质量。

这项研究成果可以作为开发低成本、高质量 AIN 薄膜生长的模板,为制造超紫外光电子器件和高功率电子器件打下了基础。

在硅基衬底上进行氮化物的外延生长这一工艺平台已经吸引了很多研究者的兴趣,这是因为其成本低、尺寸大,并且有希望使用那些尚未被充分利用的、但已经提足折旧的 COMS 工厂来进行生产。然而,由于这两种材料有着显著的热失配和晶格失配,要在硅基衬底上生长出高质量的 AIN 膜层仍然面临着很大的挑战。

很多研究团队使用了缓冲层及其复杂结构,如超晶格等来应对这些挑战,但在材料质量获得提升的同时,也随之付出了生长时间上的延长和成本上的增加等代价。

清华大学的研究人员在 2013 年报导了他们的另一种解决途径,即是在硅 (111) 晶面上来生长高质量的 AIN 薄膜,这是因为这两者叠合区域的匹配比为 5:4。

该研究团队的成员 Zhibiao Hao 说:“基于这项技术,我们现在已经证明由于晶格失配和热失配所引起的应力可以通过利用 SOI 基衬底的‘可伸缩’特性使其得到进一步的释放”。这种“可伸缩性”是在硅基衬底上不必使用较厚的复杂缓冲层结构而能生长出高质量 AIN 薄膜的关键所在。

为了证明在这种新型衬底性能的优越性,该研究团队利用等离子增强 MBE 技术在硅基衬底上生长 AIN 薄膜,同时也利用由英国 IceMOS Technology 所生产的 SOI 基衬底来生长 AIN 薄膜,



横截面的透射电镜表征揭示在 SOI 衬底顶部硅层中的应力受到了 AIN 层的抑制。

以进行二者性能的对比较。

两种衬底都先经过 RCA 清洗工序以形成 SiO₂ 终极表面,之后放入工艺预备室并且加热到 280℃ 进行气体脱附,接下来衬底被传送到 MBE 室中加热到 940℃,并保持 15 分钟来进一步除气。

在将衬底表面的 SiO₂ 层去除后,在 600℃ 条件下进行氮化反应处理,持续 60 秒以形成 Si₃N₄ 层,随之再外延淀积厚度分别为 240nm、1μm 和 3μm 的 AIN 层。外延工艺中衬底的温度为 900℃,铝源的温度是 1320℃,氮气流量为 1.4 sccm,射频源的功率为 375 W。

对于 AIN 厚度为 240 nm 的两种类型衬底样品来说,透射电镜显示它们的螺旋位错密度是相近的。然而当 AIN 的厚度超过 1 μm 时,在 SOI 衬底上生长的 AIN 薄膜质量明显要更高一些。

线位错的行为在两种衬底样品中也是很不相同的。在硅 (111) 晶面上生长 AIN 层的螺旋位错密度是 $1.1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$,大多数位错是在界面处产生,向上发展并贯穿整个外延层,并且在生长过程中也会形成很多新的位错。

而在 SOI 衬底上生长的 AIN 薄膜中,很多位错线在外延层当中汇合,并且在其生长过程中并不会产生新的

位错。

这在螺旋位错密度数据上也得到了反映,在 AIN 薄膜内部它的平均值是 $5.1 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$,而在表面则仅为 $7.4 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}$ 。

透射电镜分析结果显示,在 SOI 衬底上生长的 1 μm 厚 AIN 薄层结构中发现 SOI 层中存在明显的晶格畸变,畸变存在于整个顶部硅层,在硅和 SOI 的界面处终止。而在对应的硅衬底上 AIN 薄层结构中却没有发现这种现象。

该研究团队认为,在 SOI 衬底顶部硅层中的晶格畸变成为了 AIN 外延层中累积应力的部分释放的机制。

这种方法只有在 AIN 层厚度与 SOI 衬底的顶部硅层厚度可比拟时才会明显奏效。如果 AIN 层相对太薄,它的累积应力将不足以促使 SOI 衬底的顶部硅层发生晶格畸变。

无论是在硅衬底还是在 SOI 衬底上,当 AIN 膜层的厚度超过 3μm 是都会产生裂纹。对于硅衬底上的膜层结构,裂纹仅局限于 AIN 薄膜中,而对于异质 SOI 衬底,晶格畸变导致裂纹会穿透到下面的硅层,这将会使 AIN 层和顶部硅层从 SOI 衬底上脱离。

Hao 相信这个结果也可以复制到其它更为普遍的氮化物生长技术,如 MOCVD 上,“它也将能适用于如氮化和铝化等关键工艺中,并且应力释放机制可以在很大的温度范围内都能发挥作用”。

目前该团队的研究人员正在努力优化在 SOI 基衬底上生长 AIN 这一工艺开发模板,Hao 补充道:“基于这些进展,我们将尝试开发新的薄膜基器件,例如传感器和纳米结构器件等”。

L. Niu et. al. Appl. Phys. Express 7 06505 (2014)



量子点器件有望成为中红外光源

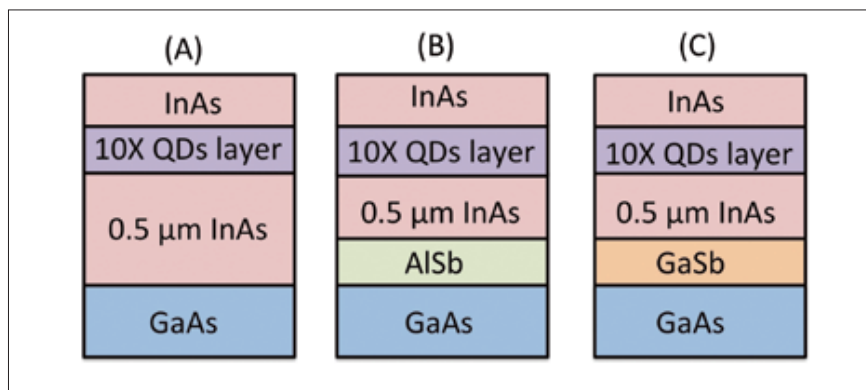
InSb 量子点器件能产生中红外波段的电致发光

一个来自英国的研究团队在将 InSb 量子点器件作为低成本中红外光源的研发上获得了显著的进展。

在 GaAs 衬底上生长这种量子点器件结构，它可以成为一种具有价格竞争力的低成本光源，可用于如一氧化碳、甲烷和硫化氢等气体的探测中。

该研究团队所器件制造的器件有着较高的良率，因为这种器件比许多其他中红外 III-V 族发光器件，如那些基于亚能带间量子级联和 II 型能带间级联结构的器件来说，要更容易进行制造。

该研究团队的成员，来自 Lancaster 大学 Qi Lu 说道：“量子级联激光器通常要制作数百个交替的结构层，这需要在在一个很长的生长时间并需要对它们的厚度和成分进行精确的控制”。



采用透射电子显微镜、X射线衍射和光致发光来研究这三种不同的量子点器件结构样品

他解释说，他和他的同事所设想的 InAs 结构在活性区通常只含有不超过十个量子点结构层，所以要生长出这种中红外发光器件的工艺过程就相对较为简单。

该英国团队的研究人员来自

Lancaster 大学和 Warwick 大学，他们最初的目标是研究在 InAs 衬底上制作 InSb 量子点器件，在 2008 年报道了一个室温下电致发光 LED 的研究成果。现在他们试图将这一成果复制到 GaAs 衬底上，因为这种衬底尺寸更大、更

Book your place at the CS International Conference

NOW Open
SAVE €100

CS INTERNATIONAL
CONFERENCE

Wednesday 11 - Thursday 12 March 2015
Sheraton Frankfurt Airport Hotel, Germany
Register: www.cs-international.net
Contact: Stephen Whitehurst
T: +44 (0)24 7671 8970
E: stephen.whitehurst@angelbc.com

Connecting, informing and
inspiring the compound
semiconductor industry



Must end
30 November
2014



科技前沿 | Research Review

为便宜，也更容易进行加工处理，可制作出更为价廉的器件投入到更多的应用中。

InSb 量子点必须要在一个 InAs 基质结构上生长，所以要在 GaAs 衬底上生长这种量子点结构，该团队就必须克服由于 InAs 和 GaAs 之间存在 7.2% 的晶格失配而产生的材料质量问题。

最初他们认为在 GaAs 衬底和 InAs 之间插入一个中间层就可以解决这一晶格失配问题，Lu 说道：“我们希望，我们正在研发的中间层可以在很大程度上降低 InAs 变形缓冲区的厚度，同时能保持其上表面层的材料质量以便进行后续量子点结构的生长工艺”。为了验证这一理论预判，该团队采用了 VG-V80H 反应器分子束外延(MBE)制作了三种样品。所有实验样品都是首先沉积生长一层 15nm 厚的 GaSb 层以使其衬底表面更为平滑；所有的 InAs 层都是在 550℃ 下进行生长，而 AlSb 和 GaSb 中间层将分别在 620℃ 和 600℃ 下进行沉积；在将衬底温度降至

490℃ 后，在所有样品上进行量子点层和 InAs 中间层的生长（见图）。

令人惊讶的是，分析结果表明所插入的中间层并未能改善该结构的材料质量。透射电镜照片显示 3μm 厚度的 InAs 层样品其线位错密度为最低，且离 GaAs-InAs 界面越远，InAs 层材料的质量也越好。

X 射线衍射测定结果显示无中间层的样品材料质量为最优：它具有一个与 InAs 层材料相关的衍射峰，其最大半峰宽为 235 弧秒，而另外两个样品的相应值则分别达到 483 弧秒和 416 弧秒。

优异的材料质量使其可以产生最强的光致发光，实验结果确认了应该采用无中间层结构来制造这种发光器件。该研究团队已试验制作了 1mm 长的脊形 p-i-n LED 器件，它的发光区宽度为 75μm。

采用占空比为 1% 的 1A 电流脉冲在 20kHz 重复频率下来驱动器件，由于 InAs 层中的辐射复合效应主导了整个器件的发光，这种 LED 器件能产

生 3.1μm 波长的中红外发光光谱峰。

由于同时存在的与量子点结构相关联的光发射产生于约 3.6μm 波长处，使得这种量子点器件可以在高达 180K 的温度下仍能持续地发光。

根据该团队的研究成果，该种器件所具有的性能结果与那些生长在 InAs 衬底上的 InSb 量子点 LED 器件的性能结果具有很好的一致性，而后者这种带有附加电子阻挡层的器件可以在室温下实现电致发光。

“能在室温下运行将是一种非常理想的器件性能，尤其对于便携式产品的应用更是如此”，Lu 还说：“为器件附加一个冷却系统在许多情况下是不切实际的做法，同时也会增加未来产品的成本，尽管热电制冷技术通常被用来保持器件温度的稳定”。

该研究团队现在正在试图改进变形缓冲层的结构，在它的长波长 InSb 量子点结构中来加强对空穴载流子的约束。

Q. Lu et. al. Semicond. Sci. Technol. 29075011 (2014)

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

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)
sunnies@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: 86-10-64187252

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



SMTChina

表面组装技术

电子书(eMagazine)
smtchinamag.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

广告索引
Ad Index

目录 Content
P.6-24 P.26-47

推荐朋友
Refer a friend

免费赠阅
Subscribe

◀ 🔍 ➕ ▶

ACT

中国电子制造专业人士的刊物

2014年10/11月
ISSN: 1997-0870

SMTChina

表面组装技术

www.smtchinamag.com

第十九页
用表面

第二十七页
对非授权

第三十页
有机硅粘

第二十七页
测试治具



免费索阅

国际知名的机器视觉及影像处理杂志
《Vision Systems Design》的中文版

国际及中国机器视觉及影像处理系统领域的
技术、设计、应用和市场等诸多方面的最新发展动态。
2014年季度出版，印刷版超过8,000册，电子书发行数以倍数
网站及电子快讯亦将为读者提供及时资讯

欢迎垂询

www.vision-systems-china.com



ACT

ACT Media Group

www.actintl.com.hk

电话：香港 852-28386298

深圳 86-755-25988571

上海 86-21-62511200

北京 86-10-64187252