

# semiconductor TODAY

面向亚洲中文读者的化合物及先进硅半导体新闻杂志

A S / A

2016 第 5 卷第 3 期

www.semiconductor-today.com

## 威斯康星大学麦迪逊分校称第一支碳纳米管晶体管比硅表现好



GaN 器件市场将以 17% 的复合年增长率到 2024 年增长到 34.384 亿美元。  
科罗拉多大学博尔德分校开发出了室温原子层沉积的方法。  
Rubicon 在 2016 年年底关闭其马来西亚的工厂。



## Another breakthrough from Veeco. This time it's EPIK.

### Introducing Veeco's new TurboDisc® EPIK700™ GaN MOCVD system

As global consumption for LED general lighting accelerates, manufacturers need bigger, better MOCVD technology solutions that increase productivity and lower manufacturing costs.

The EPIK700 MOCVD system combines Veeco's award-winning TurboDisc reactor design with improved wafer uniformity, increased productivity and reduced operations expenses to enable a cost per wafer savings of up to 20 percent compared to previous systems.

It also features a reactor with more than twice the capacity of previous generation reactors. This increased volume coupled with productivity advancements within the EPIK700 reactor, results in an unmatched 2.5x throughput advantage over previous reactors.

Learn how Veeco's TurboDisc EPIK700 GaN MOCVD system can improve your LED manufacturing process today.

The advantage is not just big. It's EPIK.

Contact us at [www.veeco.com/EPIK700](http://www.veeco.com/EPIK700) to learn more.



Veeco's New TurboDisc EPIK700 GaN MOCVD System

## 新闻 News

### 市场 Markets

消费类电子产品的充电器在 2022 年将占氮化镓市场的 30% · GaN 器件市场将以 17% 的复合年增长率到 2024 年增长到 34.384 亿美元

### 微电子 Microelectronics

威斯康星大学麦迪逊分校称第一支碳纳米管晶体管比硅表现好 · Peregrine 由于收购了村田专利组合扩大了 50%，拥有 280 项以上的专利。

### 宽能隙电子产品 Wide-bandgap electronics

Dialog 携集成器件进入氮化镓市场，瞄准快速充电电源适配器市场 · EpiGaN 增加了布鲁塞尔 / 北京私募股权投资基金 ACAPITAL 作为投资者 · 科罗拉多大学博尔德分校开发出了室温原子层沉积的方法

### 材料和工艺设备 Materials and Process Equipment

BluGlass 安装升级的 RPCVD 室，以改善低温工艺的均匀性 · 中国 LED 制造商华灿光电订购 Veeco 公司的 MOCVD 系统用于大批量生产 · 三菱重工机床与 D-process 在室温晶圆键合服务上进行合作

### LEDs LED News

Rubicon 在 2016 年年底关闭其马来西亚的工厂 · 首尔半导体量产 210lm/WWICOP 无须封装的 LED · 晶元光电对 Adamax 发起美国专利侵权诉讼

### 光通信 Optical communications

4WDMMSA 集团成立以驱动 10, 20 和 40 公里低成本 100G 光学规范的开发 · Luxtera 公司发货第一百万支硅光子收发器

### 光伏 Photovoltaics

麻省理工学院和 Masdar 开发了光伏“阶梯电池” · AVANCIS 和 Sunpartner 在太阳能玻璃上合作开发 BIPV 市场 · MiaSolé 推出下一代 17% 效率的灵活超轻的 CIGS 光伏组件

## 技术聚焦：光伏

柔性超薄砷化镓光伏器件。研究人员认为该器件可用在眼镜和 / 或织物上作为电源。

## 技术聚焦：III-V 族工艺

在晶片键合的 InP / Si 衬底上的激光二极管的外延生长。技术应可允许没有晶格失配问题的单片集成的对准精度。

## 技术聚焦：III-V 族工艺

光泵浦的 III-V 器件转移压印在硅绝缘体上。研究者声称这是 III-V 族光电元件第一次用硅光子集成电路使用的方法进行加工。

## 技术聚焦：氮化物工艺

晶片键合集成硅，砷化镓，以及氮化镓。研究人员期待集成缩小的 CMOS 和功能多样的器件，如光发射和高速大功率电子器件。

## 技术聚焦：激光器

黄绿光镉镓氮量子点激光器。研究人员声称“绿光鸿沟”垂直腔面发射激光器第一次在连续波模式下操作。

## 技术聚焦：氮化物材料

钠通量技术制作自支撑的氮化镓衬底。研究人员开发了液相外延法既生长 GaN 又高温溶解蓝宝石，避免裂纹。

## 市场聚焦：LED 制造

单片能带工程设计的半极性白光发光二极管。掺杂分布用于红移光学泵浦的长波长量子阱。

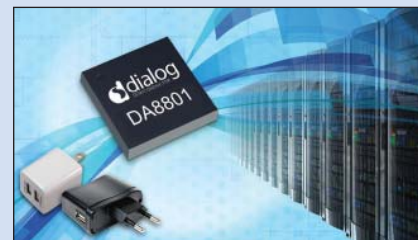
## 技术聚焦：氮化物工艺

具有氧化锌中间层的氮化镓的全晶片的化学剥离。该技术能够带来更好质量的材料，昂贵的生长衬底可回收因而成本会更低。

## semiconductor TODAY

ASIA

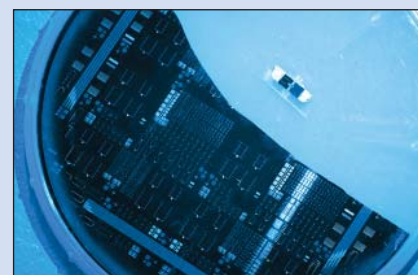
2016 第 5 卷第 3 期



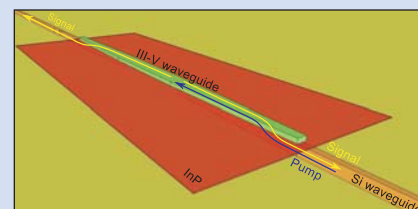
第 8 页：Dialog 携集成器件进入氮化镓市场，瞄准快速充电电源适配器市场。



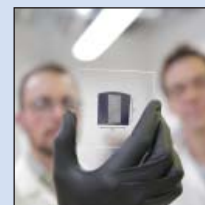
第 9 页：在 27°C 下使用电子增强原子层沉积在硅衬底上沉积的 GaN 薄膜。



第 14 页：用一个阶梯电池设计 (大) 和阶梯太阳能电池概念验证的硅上 GaAsP 层 (小) 的具有 SiGe 滤波器的硅太阳能电池。(图片：Tahra AlHammedi / 马斯达尔学院新闻)。



第 22 页：集成到 SOI 波导的光泵浦发光器件。研究者声称这是 III-V 族光电元件第一次用硅光子集成电路使用的方法进行加工。



威斯康星大学麦迪逊分校的工程师使用一种溶液工艺在 1 英寸平方的衬底上沉积对准好的碳纳米管阵列。可扩展性和快速沉积工艺被用于在该衬底的整个表面上沉积对准好的碳纳米管，需要不到 5 分钟的时间。第 7 页

## 欢迎阅读最新一期的《今日半导体亚洲版》

欢迎阅读最新一期的今日半导体亚洲版，它是今日半导体杂志的中文版。

英语版的今日半导体是一个在线杂志和网站，专注于报道化合物半导体（如砷化镓，磷化铟，氮化镓，铜铟镓硒，碲化镉等）和先进硅（包括碳化硅，硅锗，应变硅等）的材料和器件的研究与制作。其应用包括无线通讯，光纤通讯，发光二极管和太阳能电池。此外，本杂志还关注化合物半导体和先进硅技术的融合领域（如硅片上 III-V 族半导体）。

电子版的今日半导体亚洲版由独立的专业出版商朱诺 (Juno) 出版和媒体解决方案有限公司发行，每年发行五期。本杂志通过电子邮件向涵盖东北亚超过 17,900 名科学家，工程师和业界高管免费赠阅。

今日半导体亚洲版向亚洲中文读者提供包括技术和业务方面的新闻和专题文章。随着东北亚半导体产业的快速发展，我们鼓励大家积极向本刊提出发表内容的建议。我们也希望该地区的任何人都向今日半导体亚洲版踊跃投稿，特别是 LED 芯片或基于其它化合物半导体器件的制造商。

今日半导体亚洲版编辑：高海永  
(Editor, Semiconductor Today ASIA: Haiyong Gao)

今日半导体总编辑：Mark Telford  
(Editor, Semiconductor Today)

semiconductor TODAY  
ASIA



今日半导体亚洲版编辑：高海永  
Haiyong Gao

总编辑 Mark Telford  
电话：+44 (0) 1869 811 577  
手机：+44 (0) 7944 455 602  
传真：+44 (0) 1242 291 482  
电子邮箱：mark@semiconductor-today.com

商务总监 / 助理编辑 Darren Cummings  
电话：+44 (0) 121 288 0779  
手机：+44 (0) 7990 623 395  
传真：+44 (0) 1242 291 482  
电子邮箱：darren@semiconductor-today.com

广告经理 Darren Cummings  
电话：+44 (0) 121 288 0779  
手机：+44 (0) 7990 623 395  
传真：+44 (0) 1242 291 482  
电子邮箱：darren@semiconductor-today.com

原始设计 Paul Johnson  
www.higgs-boson.com

《今日半导体》亚洲版涵盖了化合物半导体和先进硅材料及器件（例如砷化镓、磷化铟和锗化硅晶圆、芯片以及微电子及光电器件模块，如无线和光纤通信中的射频集成电路 (RFIC)、激光器及 LED 等）的研发和制造信息。

每期包含的内容如下：

- \* 新闻（资金、人员、设备、技术、应用和市场）；
- \* 专题文章（技术、市场、区域概况）；
- \* 会议报告；
- \* 活动时间表和活动预览；
- \* 供应商目录。

《今日半导体》亚洲版（即将取得国际标准期刊编号 ISSN）为免收订阅费的电子格式出版物，由 Juno 出版与媒体解决方案有限公司每年发行 5 次，公司地址为 Suite no. 133, 20 Winchcombe Street, Cheltenham GL52 2LY, UK。详见：  
www.semiconductor-today.com/subscribe.htm

© 2016 年 Juno 出版与媒体解决方案有限公司保留所有权利。《今日半导体》亚洲版及其所包含编辑材料的版权属 Juno 出版与媒体解决方案有限公司所有。未经允许不得全部或部分转载。在大多数情况下，如果作者、杂志和出版商都同意，将授权允许转载。

免责声明：《今日半导体》亚洲版中公布的材料不一定代表出版商或工作人员的观点。Juno 出版与媒体解决方案有限公司及其工作人员对所表达的意见、编辑错误以及公布材料对财产或个人造成的损害或伤害不负任何责任。

# REGISTER

for *Semiconductor Today*

free at

[www.semiconductor-today.com](http://www.semiconductor-today.com)

# 针对高亮度LED 的溅射解决方案 就在这里



想像一下有这样一台溅射设备，它能同时灵活应用于溅镀电流散布层和反射层或接触层；能够在GaN上无等离子体损伤地溅镀ITO；具有先进的成品率和最低单片成本工艺控制。好的，现在它就在这里--Radiance--2, 4, 6和8英寸GaN, Si上GaN和SiC上GaN溅射工艺设备。

有关Radiance及Evatec所有镀膜设备和LED工艺的更多资讯，请访问 [www.evatecnet.com/markets/optoelectronics/leds](http://www.evatecnet.com/markets/optoelectronics/leds) 或联系我们上海当地的办事处 +86 21 20246072, +86 18017760181(徐经理)。



MORE INFO

## 日亚位列封装LED供应商年收入的首位, 拥有12.9%的市场份额, 其次是欧司朗和Lumileds公司

根据新的2016年版IHS Markit公布的“封装LED报告”(背光, 汽车, 照明等应用产品的LED供应商的年度收入份额排名), 日亚2015年在照明和移动应用两个领域中都占首位, 占有封装LED市场总量的12.9%的份额。日亚之后是欧司朗和Lumileds公司, 他们加起来的份额为14.7%。

IHS Markit的高级分析师(LED和照

明) Alice Tao 表示: “这不让人惊讶, 日亚在多个应用中都是领头羊。在2015年, 日亚化学超越了Cree公司, Cree公司2014年在照明市场占首位。日亚也在手机LED应用中表现非常强劲, 因为该公司是苹果iPhone的主要供应商。”

三星在背光领域是领先的供应商, 其中包括电视, 显示器, 笔记本电脑和平板电脑中使用的LED。日亚排名第二, LG

伊诺特排名第三。

欧司朗多年一直是汽车LED的领先供应商。2015年其市场份额占总汽车市场中使用LED的35%, 并占汽车外部市场使用的40%。这家公司也在“其他”类别的应用中领先, 其中包括用于工业, 医疗, 安全, 投影, 标志牌和非规范应用领域的LED。

<https://technology.ihs.com/579867>

## 消费类电子产品的充电器在2022年将占氮化镓市场的30%

Dialog半导体PLC公司在八月下旬推出的氮化镓(GaN)电源IC, 瞄准消费充电器应用, 增加到了最近发布的GaN器件系列中, 这些都是电源IC瞄准消费者市场细分的名单, 形成了Point The Power的报告“氮化镓在电力电子中的应用和市场”中所注意到的一个趋势。Dialog半导体公司是高度集成的电源管理, AC/DC电源转换, 固态照明(SSL)和蓝牙低功耗技术的无晶圆厂的供应商。GaN在功率电子领域的第一个市场是消费类电源, 由笔记本电脑和电子设备充电器引领。根据预测消费类电子产品的充电器在2022年可以占到氮化镓市场的30%。

Point The Power的首席市场分析师Alex

Avron表示: “消费类系统不需要像工业系统那样要求具有长寿命和质保。工业或能源如光伏逆变器需要至少10年有时甚至15年的预期寿命, 而一台笔记本电脑的充电器的寿命最多为5年。这对于创新和新品发布是一个完美的市场领域, 很多初创公司都在利用这一优势, 如总部位于加州的公司FinSix和Avogy, 以及加拿大的Appulse Power公司。”

Point The Power指出, 笔记本电脑和智能手机的充电器市场对于测试和试运行宽禁带的器件和新的拓扑结构来说是完美的市场领域, 由于具体要求的寿命比较短; 尺寸缩小是一个主要的驱动原因, 也具有较低的价格敏感度。

根据Point The Power公司的分析, 氮化

镓将继续与超级结MOSFET直接竞争, 后者已成为各种消费电源中最常用的器件 - 今年的总市场超过8亿美元。

该市场研究公司估计, 氮化镓将支持电源转换器新出现的应用, 就如同IGBT和MOSFET在过去所做的那样; 即, 不替代双极结晶体管(BJT), 但是实际上有利于新的应用。Avron表示: “每一次一个新的器件出现在市场上的时候, 它没有吃掉它的同类器件的市场份额, 而是通过新的应用扩大整体市场规模。”

据报道, GaN作为消费电源只是一个更大的趋势的刚刚开始, 提供新的, 更小, 更高效的充电和供电系统。

[www.pointthepower.com](http://www.pointthepower.com)

## GaN器件市场将以17%的复合年增长率到2024年增长到34.384亿美元

Transparency Market Research (TMR)公司在报告“GaN类半导体器件市场 - 全球产业分析, 大小, 份额, 增长, 趋势和预测, 2016至2024年”中指出, 全球氮化镓(GaN)器件市场在很大程度上已经巩固了, 前四家公司在2015年集体占据了超过65%的市场份额。主导企业Efficient Power Conversion公司(EPC)占了整个市场19.2%, 其次是NXP半导体公司, GaN Systems公司和Cree公司。

关于正在进行的研发活动, 努力消除氮化镓半导体的可靠性相关问题预计将成为主要供应商在不久的将来的一个研发重点。Transparency Market Research预测, 从2016年至2024年GaN器件市场将以17%的复合年均增长率(CAGR)增长, 从2015年的8.709亿美元增长到2024年

的34.384亿美元。利用氮化镓的关键最终使用行业, 航空航天及国防领域占主导地位, 占2015年的市场份额超过42%。

北美和欧洲预计在未来几年仍将是GaN器件的主要区域市场。该报告估计, 氮化镓在欧洲航天局(ESA)的整个空间项目应用的增加和在北美的军事和国防部门使用基于GaN晶体管的增加将有助于GaN器件市场获得发展的动力。

在过去的几年中, GaN技术得到了迅猛的发展和巨大的进步, 其在具有高频率, 功率密度和温度的操作环境的工作能力, 线性度和效率都得到了巨大提高。该报告指出, 这些进展推动了GaN器件应用领域的增加, 对市场的整体增长起到了重要作用。

此外, GaN器件在国防部门的使用量增加已经成为一个重要的市场驱动力。发展中国家与发达国家的国防预算持续上涨, 以及国内和国际军事武器库列入最先进的产品的需求也将在近期推动市场。

与基于硅的器件相比, GaN基器件是比较昂贵的, 由于生产成本低, 包括制造, 封装和支持电子设备的成本都很高。硅基半导体已经在过去几年成本显著下降, 使得GaN的高成本成为可能妨碍其大规模采用的一个挑战。

这个问题可以通过大量生产氮化镓加以解决。然而报告总结道, 目前由于需要高操作压力和温度以及该材料有限的可扩展性, 还没有用于该目的普遍的做法。

[www.transparencymarketresearch.com](http://www.transparencymarketresearch.com)

# 威斯康星大学麦迪逊分校称第一支碳纳米管晶体管比硅表现好

## 导通电流密度超过了砷化镓pHEMTs

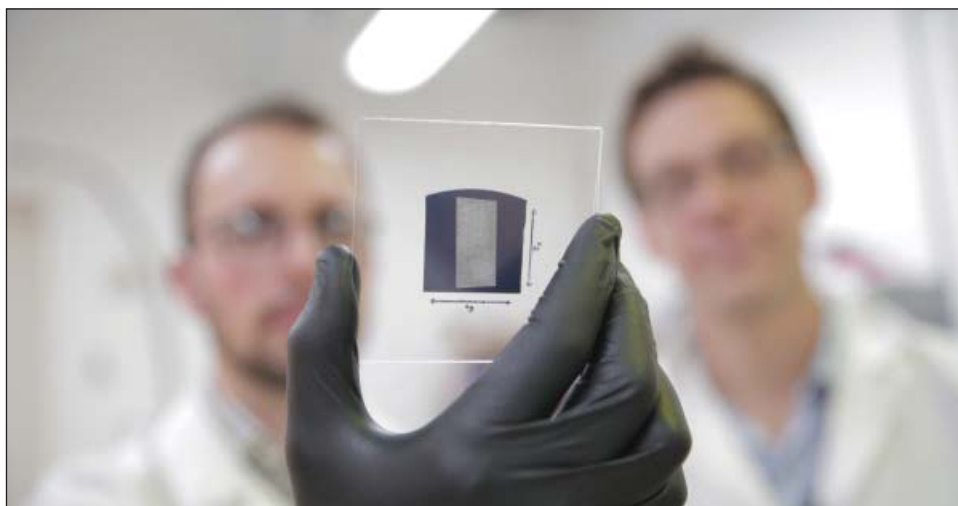
几十年来, 研究人员一直试图利用碳纳米管 (CNTs) 的独特性能来创建高性能的电子器件, 更快, 功耗更低 - 带来更长的电池寿命, 更快的无线通信和更快的处理速度, 用于智能手机和笔记本电脑等设备。但是, 许多挑战 (如碳纳米管分类的限制, 加工, 对齐和接触) 阻碍了碳纳米管制成高性能晶体管的开发。因此, 在计算机芯片和个人电子器件中他们的表现已经远远落后于半导体, 如硅和砷化镓 (GaAs)。

现在, 在材料科学与工程Michael Arnold Padma Gopalan教授的带领下, 美国威斯康星大学麦迪逊分校的研究人员创造了碳纳米管晶体管首次超过了最先进的硅晶体管, 它声称实现了导通电流密度比硅晶体管的高1.9倍 (G J Brady et al, 'Quasi-ballistic carbon nanotube array transistors with current density exceeding Si and GaAs', Science Advances vol2 (2016), no9, e1601240)。

具体而言, 研究人员制作了每微米47个碳纳米管的密度, 沟道长度100nm的场效应晶体管 (FET), 每碳纳米管得到电导高达0.46GΩ。并联的情况下, 阵列的电导达到 $1.7\text{mS}\mu\text{m}^{-1}$ , 比先前用其它方法制成的最先进的CNT阵列的FET高7倍。饱和导通电流密度高达 $900\mu\text{A}\mu\text{m}^{-1}$ , 类似于或超过硅MOFETs的 (在一个相等的栅极氧化层厚度和相同的断态电流密度) 和超过GaAs晶圆高-电子迁移率晶体管 (pHEMT) 技术的 $630\mu\text{A}\mu\text{m}^{-1}$ 。

Arnold表示: “碳纳米管晶体管性能上的这一突破是朝着将碳纳米管用在逻辑计算, 高速通信, 以及其他半导体电子技术的关键进步”。这一进步可能会为碳纳米管晶体管取代硅晶体管铺平道路, 并继续为提升计算机产业提供性能依托。新的晶体管对于无线通信技术是特别有前途的, 因为无线通讯技术需要大量的电流穿过一个相对较小的区域。来自于美国国家科学基金会, 陆军研究办公室和空军的资助支持了这一研究工作。

作为一些迄今发现的最好的电导体, 碳纳米管早就被公认为用作下一代晶体管的有前途的材料。根据来自单个碳纳米管的测量外推, CNT晶体管应该能够执行比



图片标题:威斯康星大学麦迪逊分校的工程师使用一种溶液工艺在1英寸平方的衬底上沉积对准好的碳纳米管阵列。可扩展性和快速沉积工艺被用于在该衬底的整个表面上沉积对准好的碳纳米管, 需要不到5分钟的时间。

硅晶体管快五倍, 同时消耗的能量少五倍。纳米管的超小尺寸使得能够迅速改变通过它的电流信号, 这可以在无线通信设备的带宽产生很大的增益。

但研究人员一直在努力分离纯的碳纳米管, 这是至关重要的, 因为金属纳米管的杂质就像铜线一样, 会破坏其半导体特性 (如短路)。

威斯康星大学麦迪逊分校的研究小组使用聚合物有选择地分类半导体纳米管, 实现了超高纯度半导体碳纳米管的溶液。Arnold表示: “我们已经确定了可以摆脱几乎所有的金属纳米管的具体条件, 金属纳米管的浓度小于0.01%”。

纳米管的放置和对准也是难以控制的。为了制作一个好的晶体管, 纳米管需要以恰到好处的顺序, 恰到好处的间距来排列, 在晶圆上组装。2014年, 威斯康星大学麦迪逊分校的研究人员通过开发“浮动蒸发自组装”技术克服了这一挑战, 使他们得以控制。

纳米管还必须与晶体管的金属电极具有良好的电接触。因为威斯康星大学的研究人员所使用的来分离半导体纳米管的聚合物也作为碳纳米管和电极之间的绝缘层, 研究团队在真空烘箱中“烘烤”纳米管阵列以除去绝缘层, 产生良好的电接触到碳纳米管。

研究人员还开发出了在他们的溶液处理后可以从纳米管去除残留物的方法。

Arnold表示: “我们已经表明我们可以同时克服所有的纳米管工作的这些挑战, 这使我们能够创建一个这些开创性的超越硅和砷化镓晶体管的碳纳米管晶体管”。

研究人员将其碳纳米管晶体管与相同的尺寸, 几何形状和漏电流的硅晶体管进行比较。他们现在继续调整他们的器件, 以匹配硅晶体管使用的几何形状, 而硅晶体管每一代新产品尺寸都会缩小。他们也在进行开发高性能射频放大器的工作, 能够提高手机信号。虽然研究人员已在1英寸见方的晶片上扩大了对准和沉积工艺, 他们正在为商业化生产而扩大工艺规模。

Arnold表示, 研究人员终于可以利用纳米管以实现实际的技术性能提升。已经有很多关于碳纳米管的炒作一直没有实现, 而且这已经某种程度上恶化了许多人的预期。材料科学需要花费数十年的工作实现赶超, 使我们有效地利用这些材料。”

研究人员通过威斯康星校友研究基金会为他们的技术申请了专利。

<http://advances.sciencemag.org/content/2/9/e1601240>

[www.engr.wisc.edu/department/materials-science-engineering](http://www.engr.wisc.edu/department/materials-science-engineering)

## Peregrine由于收购了村田专利组合扩大了50%, 拥有280项以上的专利

位于美国加州San Diego的Peregrine半导体公司(这是一家无晶圆厂的基于绝缘体上硅(SOI)射频集成电路(RFIC)的供应商)表示,它已经扩大其知识产权(IP)组合,拥有超过280项已授权和正在申请的专利。自2014年12月收购了日本村田, Peregrine的专利组合增加了50%,并有望在2016年底拥有超过300项已授权和正在申请的专利。

该公司表示,它进一步巩固了其知识产权组合,建立了更强大的内部流程,以保护其射频和电源的进展:70%的Peregrine的设计和工艺工程师都直接参与了专利程序。

企业研究和IP开发副总裁Dan Nobbe表示:“Peregrine具有超过25年的行业领先的创新历史,我们大部分的专利有大量的专利主张,这表明了发明的覆盖范围。

我们将继续致力于基于我们在RF SOI开创性的工作,追求更多的基本专利”。

Peregrine公司的专利组合保护其两个业务部门的产品和技术发明-移动无线解决方案(MWS)和高性能模拟(HPA)。该产品组合已经获得了美国专利和商标局以及其他选择的国家的国家专利局的专利授权。

[www.psemi.com](http://www.psemi.com)

## Dialog携集成器件进入氮化镓市场,瞄准快速充电电源适配器市场 总部位于英国的该无晶圆厂IC公司使用台积电的650V硅上氮化镓工艺

位于英国伦敦的高度集成电源管理,AC/DC电源转换,固态照明(SSL)和蓝牙低功耗技术的无晶圆厂供应商Dialog半导体公司,日前宣布了其第一个氮化镓(GaN)功率集成电路产品,采用台湾积体电路制造公司(台积电,世界上最大的硅晶圆代工厂)的650V硅上氮化镓工艺技术进行制造。

连同Dialog的专利的数字快速充电功率转换控制器,与以现有传统的硅场效应晶体管(FET)为基础的设计相比,SmartGan DA8801可以实现更高效的,更小的和高功率密度的适配器。Dialog的氮化镓解决方案最初的目标是智能手机和计算机适配器的快速充电,而在这一市场它的电源转换控制器已经占据了超过70%的市场份额。

企业发展与战略高级副总裁Mark Tyndall表示:“氮化镓晶体管的卓越性能使客户能够提供满足当今市场需求更加高效和紧凑的电源适配器设计。继我们在以



BCD[双极-CMOS-DMOS]为基础电源管理芯片(PMIC)上的成功之后,作为一个早期的GaN创新,Dialog再一次引领了新的功率技术进入大批量消费应用的商业化”。

Dialog表示,DA8801半桥将诸如栅极驱动器和具有650V电源开关的电平移动电路像积木一样集成起来,提供优化的解决方案,可以降低功率损耗高达50%,功率效率高达94%。

该产品允许无缝应用氮化镓,避免需要分立的驱动分离GaN功率开关的复杂的电路。

Dialog估计,这项新技术还允许功率电子器件的尺寸小型化达50%,从而使现有的典型45W适配器可以设计以适应一个25W或更小的外形。这种尺寸的减少将可以为移动设备带来真正的万能充电器。

TSMC欧洲总裁Maria Marced表示,“作为Dialog的战略代工合作伙伴为其电源管理IC服务多年,我们很高兴能扩大我们的关系,紧密合作把我们的氮化镓工艺推向主流消费市场的大批量应用。Dialog的第一个GaN产品按承诺交付,同时将集成提高到一个更高的水平”。

DA8801将在2016年第四季度提供样品。

[www.dialog-semiconductor.com/products/DA8801](http://www.dialog-semiconductor.com/products/DA8801)

# REGISTER FREE

for *Semiconductor Today*

[www.semiconductor-today.com](http://www.semiconductor-today.com)



# EpiGaN增加了布鲁塞尔/北京私募股权投资基金 ACAPITAL作为投资者

位于比利时安特卫普附近Hasselt的EpiGaN公司（该公司提供商业级的150mm和200mm直径硅上氮化镓（硅上GaN）外延片，用于600V高电子迁移率晶体管（HEMT）的功率和射频器件）表示，总部设在布鲁塞尔/北京的欧洲私募股权基金ACAPITAL已经加入其初始投资队伍，以支持公司扩张，尤其是亚洲市场。

EpiGaN在2010年注册成立，由首席执行官Marianne Germain博士，首席技术官Joff Derluyn博士和首席运营官Stefan Degroote博士创建，是从位于比利时鲁汶的纳米电子研究中心分离出来的。创始人在IMEC联合开发了硅上氮化镓技术，其中一部分已授权给了EpiGaN。

2011年，EpiGaN由初创投资公司Robert Bosch创业投资，Capricorn CleanTech基金和LRM加入，使其晶圆生产设施得以安装。在埃因霍温-鲁汶-亚琛高科技

三角的Hasselt研究园区，EpiGaN现承接批量生产和晶圆表征服务。今年一月，该公司与美国密苏里州St. Peters的硅衬底制造商SunEdison公司半导体为其150毫米和200毫米硅上氮化镓功率半导体产品解决方案签订了全球代理协议

EpiGaN提供Si上GaN和SiC上GaN材料解决方案，用于开发下一代高效电力电子技术，RF功率以及传感器器件和系统。能够带来能量的大幅节约以及更紧凑和更轻的电力转换系统，如消费电源，光伏逆变器和工业传感器，由于其优越的性能氮化镓技术也在无线通信以及更通常的所有连入物联网（IOT）产品方面具有需求。此外，EpiGaN特别是通过其原位氮化硅（SiN）钝化技术，提供150mm和200mm硅片衬底上的GaN外延层结构的独特的解决方案，使得可以制作更稳定的高性能设备。该公司的产品组合涵盖了低损耗功率开关，RF/移动

通信电源和传感器应用。

Germain表示：“我们相信ACAPITAL是支持我们的业务活动扩展到亚洲的最佳合作伙伴，我们现在看到了巨大的机遇。我们最初的投资者也继续保留以支持公司的持续增长”。

ACAPITAL的创始人兼经理合伙人Andre Loeseckrug-Pietri表示：“EpiGaN已在硅上氮化镓技术的半导体上开发出了独特的专长。应用是巨大的：电力电子，物联网，智能电网应用，移动通信和电动汽车-大部分领域与工业4.0和能源过渡联系在一起，这是ACAPITAL的核心投资领域。EpiGaN的独特定位，把握了这些高增长市场的显著份额。我们期待在国际在亚洲特别是中国能够帮助EpiGaN，中国具有世界上最大的市场规模。”

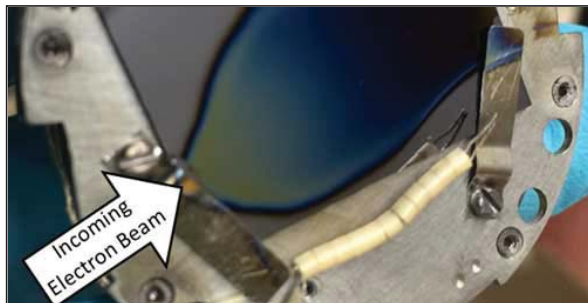
[www.epigan.com](http://www.epigan.com)  
[www.acapital.eu](http://www.acapital.eu)

## 科罗拉多大学博尔德分校开发出了室温原子层沉积的方法 电子增强ALD展示了6英寸晶片上的GaN和硅

作为美国国防部高级研究计划局（DARPA）的材料合成的原位控制（LOCO）项目的一部分，科罗拉多大学（CU）博尔德（Boulder）分校的研究人员开发出了新的电子增强原子层沉积（EE-ALD）方法，用于在室温下合成超薄材料（与之相比现有的方法需要800°C以上的温度）。其先进性在于开创了以前无法维持的薄膜微电子，其生产通过常规方法一直是不可能的，因为当经受高温时许多组分会失去其关键的性能。

CU的团队展示了硅和氮化镓（GaN）的室温沉积以及可控地刻蚀特定材料的能力，带来在三个维度上的精确的空间控制（临界需求生长用于更小的器件结构）。

2015年年初首先展示这种工艺后，团队继续进行详细的机理研究，以了解如何最好地利用和控制EE-ALD的膜生长。通过在ALD循环中控制电子的能量，他们发现可以调整工艺来偏向哪个材料沉积或去除。通过电子在低至室温



在27°C下使用电子增强原子层沉积在硅衬底上沉积的GaN薄膜。（图片提供：科罗拉多大学博尔德分校）。

的条件下选择性地去除（刻蚀）所沉积的材料的能力是前所未有的，有望提高薄膜质量。该团队还探索了其他方法来刻蚀特定材料 - 如氮化铝和氧化铪（是专门的电子应用的关键），表明在复合材料中它们可以选择性地刻蚀这些材料，提供了一个具有吸引力的替代传统的掩膜的方法。

CU还建立了定制的沉积室，展示工业相关和可扩展的EE-ALD工艺，能够在工业级别的6英寸硅衬底上沉积或刻蚀多种材料的薄膜。原则上，该方法可以扩

展到更大的衬底和并行同时处理多个晶片。研究人员目前正在努力理解EE-ALD工艺的巨大参数空间，以在三维中更好地控制薄膜组分和性质。

DARPA项目经理Tyler McQuade表示：“展望未来，EE-ALD的方法可以不只是作为集成不相容的材料工具，而且更普遍地在原子尺度创建和刻蚀器件架构，由于电路几何尺寸的缩小这是越来越重要的能力”。

CU的工作是与美国海军研究实验室（NRL）和美国国家标准与技术研究所（NIST）合作进行的，在爱尔兰都柏林举行（7月24日至27日）的第16届原子层沉积国际会议上（ALD 2016年），在来自超过400个口头报告和海报中被认定为六个“2016亮点”之一。

[www.colorado.edu](http://www.colorado.edu)

[www.darpa.mil/program/local-control-of-materials-synthesis](http://www.darpa.mil/program/local-control-of-materials-synthesis)

## BluGlass安装升级的RPCVD室, 以改善低温工艺的均匀性 下一次这一升级会在更大的腔进行以演示技术的扩张

位于澳大利亚Silverwater的BluGlass有限公司(该公司是2005年从麦格大学III族氮化物研究中心分离出来的, 开发了一种低温工艺, 使用远程等离子体化学气相沉积(RPCVD)来生长材料, 包括在玻璃衬底上生长氮化镓(GaN)和铟镓氮(InGaN), 已经完成了升级RPCVD腔的安装, 现在可以全面运行。

新腔室的安装是BluGlass扩张计划的一部分, 以使RPCVD商品化, 设计以改进低温制造工艺的均匀性。此次升级是在BluGlass的较小的RPCVD腔(BLG-180)

进行的。当BLG-180新腔优化后, BluGlass预计会对其较大的RPCVD腔(BLG-300)进行同样的升级。

BluGlass目前正集中向几家主要的LED厂商展示LED效率的提高。除了这些行业合作, BluGlass还被要求展示RPCVD技术的可扩展性, 以与该行业内当前的LED制造能力看齐。虽然BluGlass迄今改造了Veeco公司和Aixtron的沉积系统, 但这些相对于今天的LED制造标准来说都比较小。继均匀性的成功示范, 类似的升级将被安装到BluGlass的较大的RPCVD

系统上。该公司还打算与制造合作伙伴合作, 利用目前正在BluGlass现场测试的相同的可扩展的设计方法, 进一步扩大系统到商业化生产标准。

使用较容易的扩展腔设计, 能够用于较大的沉积面积, 升级后的腔室已被设计为建立和完善当前的性能数据, 包括厚度和性能一致性。BluGlass表示, 它选择在其两个RPCVD系统的较小的一个上进行这一设计, 以避免任何破坏当前与业界合作伙伴的合作, 继续用其较大的RPCVD系统, 使合作实现积极地进展。

[www.bluglass.com.au](http://www.bluglass.com.au)

## 中国LED制造商华灿光电订购Veeco公司的MOCVD系统用于大批量生产

位于美国纽约Plainview的外延沉积和工艺设备制造商Veeco仪器公司表示, 位于中国武汉的固态照明制造商华灿光电公司(该公司提供全光谱的可见光LED芯片)已订购多台TurboDisc EPIK 700型GaN(氮化镓)金属有机化学气相沉积(MOCVD)系统和TurboDisc K475iAs/P(砷磷化物)MOCVD系统, 用于大批量LED的生产。

华灿光电表示, 它的订购是在EPIK平台获奖以及它使用其他Veeco的MOCVD反应器的自身经验的基础上做出的, 其中包括TurboDisc超亮型, K465i和K475 MOCVD系统。该EPIK和K475i系统将会

被安装, 以满足市场对于照明和细间距显示器用的高性能LED的需求。

华灿光电总裁刘榕博士表示: “旧的和新的Veeco平台之间的无缝工艺转移使得容易做出这样一个订购的决定。添加EPIK和K475i系统到我们的生产线, 可确保我们能够实现最优化的器件性能, 同时降低我们的总体运营成本, 加快我们公司的增长目标。”

Veeco公司的William J. Miller博士表示: “华灿光电作为中国LED市场的领导者, 长期以来一直是Veeco公司宝贵和重要的客户。”

在2014年推出的700 EPIK MOCVD系统估计是LED行业蓝/绿光LED最高效率的生产系统。今年早些时候推出的K475i系统可以用来生产红光, 橙光和黄光LED, 以及多结III-V族太阳能电池, 激光二极管和晶体管。基于Veeco成熟的TurboDisc技术和专有的均匀流量法兰, Veeco公司表示, 与以前的MOCVD系统相比, 其MOCVD系统通过改善晶片均匀性, 降低运行费用和提高生产率, 使用户能够实现每个晶片高达20%的成本节约。

<http://en.hcsemitek.com>  
[www.veeco.com](http://www.veeco.com)

## 三菱重工机床与D-process在室温晶圆键合服务上进行合作 集成了抛光和室温键合的系统将目标扩展到代工业务

位于日本滋贺县栗东市的三菱重工机床有限公司(成立于2015年10月, 是总部位于东京的机械制造商三菱重工(MHI)的一家分公司), 已同意与位于日本神奈川县大和的D-process公司, 使用三菱重工的室温晶片键合设备进行键合服务合作。

室温键合通过在真空中的离子或原子束照射激活晶片表面, 因为与传统的键合相比不施加热量, 室温键合适合用于不同的热膨胀系数(CTE)的材料, 微机电系统的制造(MEMS, 它需要非常精确的材料精加工), 以及生物器件(生物器件不能被加热)。室温键合也可以用在广泛范围的材料, 包括硅酮, 氧化物电介质,

玻璃, 化合物半导体, 金属和陶瓷。

合作的目的是建立用于抛光的综合服务结构-包括D-process的化学机械研磨(CMP)-和室温键合作为推进和扩大三菱重工半导体代工业务的一种方式。

根据协议, 三菱重工机床利用自身的室温键合机, 对已经进行了D-process的CMP和/或其他表面平滑处理的寄售客户晶片进行键合。自从2014年以来三菱重工机床提供常温键合服务, 包括收到过D-process的订单。目前预计键合代工业务未来还会扩展。

通过D-process提供服务, 三菱重工机床

将室温键合技术的好处推销给半导体制造工业。该公司还旨在通过与D-process进行密切信息交换提高键合工艺水平, 作为扩大销售其室温键合机的一种方式。同时D-process平时主要是进行CMP服务, 现在也正在寻求扩大和改善其键合服务部门, 旨在开发一个室温键合的客户群。

三菱重工机床估计, 通过与D-process联手, 将会加速在日本和国外广泛采用常温键合。

[www.d-process.jp](http://www.d-process.jp)  
[www.mhi-machinetool.com/en](http://www.mhi-machinetool.com/en)

## 领先用户确认的首份EpiTT/VCSEL订单

在砷化镓上生长的VCSEL是快速发展市场，如手势识别、3D成像、数据通信等其他市场中的一项新兴技术。LayTec可根据客户要求，充分利用Gen3原位平台的模块化概念定制并拓展VCSEL外延的原位测量性能。今年5年，我们在欧洲的一位领先用户已首先认购了第一套EpiTT/VCSEL系统。该工具将于2017年初出货。EpiTT/VCSEL包括两个光纤测量头：一个用于标准EpiTT，另一个用于光谱反射率传感(R-VCSEL)。两个光纤测量头均可通过EpiCurve®测量头上的转接法兰进行连接。EpiCurve®/VCSEL系统如图1所示。该项设置可同时集成完整的EpiCurve®TT性能和

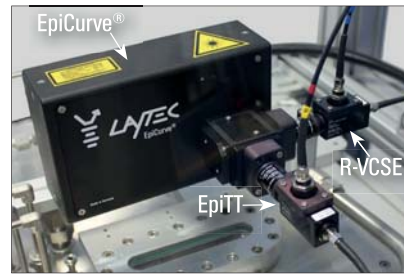


图1: EpiCurve®TT/VCSEL—VCSEL外延的四个测量范围“测量功能#1—晶圆温度(EpiTT测量头)，#2—生长速率(EpiTT测量头)，#3—翘曲度(EpiCurve®测量头)，#4—光谱反射率(R-VCSEL测量头)——所有传感均通过Aixtron G3的清扫观察口传递。

DBR(分布式布拉格反射镜)阻带和腔倾角位置的频谱监测功能。在图1中，该四合一计量工具安装于Aixtron G3行星式反应器顶部。EpiTT/VCSEL和EpiCurve®TT/VCSEL由新型软件模块供电，实现单阱和多阱运行。更多详情，请访问 [www.laytec.de/VCSEL](http://www.laytec.de/VCSEL)。

## UV-C LED: 280 nm 反射传感的氮化铝镓表面形态

铝含量高的氮化铝镓缓冲层是使UV-C LED达到最佳性能的必要条件。但其频段边界低于300nm，因此原有的405nm原位反射对该类氮化铝镓缓冲层的表面形态并不敏感。为在UV-C LED外延过程中精确监测氮化铝镓的生长速率和表面形态，LayTec提供了280nm的附加反射渠道，将UV-C LED作为光源。

图2为氮化铝镓层生长过程中的原位测量结果：由于材料的频段边界在生长温度下转向较长波长，因此氮化铝镓最终层的法布里-珀罗振荡渐次减弱。12000秒时反射率的小幅降低表明氮化铝镓表面略微粗

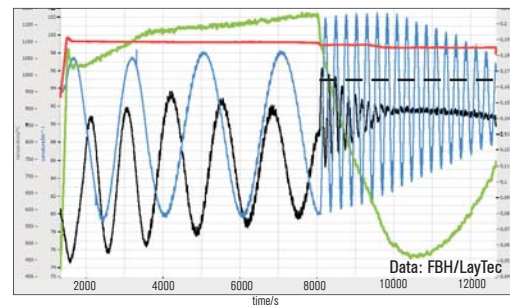


图2: 在Aixtron CCS 6x2反应器中，氮化铝/氮化铝镓(铝含量为60%)在蓝宝石/氮化铝模板上的生长情况：黑色—反射率280nm；蓝色—反射率405nm；绿色—高分辨率翘曲度；红色—实际温度。

糙。绿色的线表示高分辨率的翘曲度数据(参见下文)。本研究由 Advanced UV for Life公司提供资金支持。有关UV LED原位测量的更多信息请访问[www.laytec.de/UVLED](http://www.laytec.de/UVLED)。

## EpiCurve®TT Gen3: CCS反应器高分辨率翘曲度测量

在外延生长过程中通过喷头观察口的小开口检测薄膜的原位应变是一项挑战。通过我公司的高级软件算法，我们将EpiCurve®TT的信噪比整整提高了一个数量级。图2中的翘曲度数据(绿色)表明，

在该喷淋领头式气体喷嘴®(CCS)反应器中，晶圆的曲率噪声已下降至 $0.3\text{km}^{-1}$ 。经过这一系列的改进措施，原位应变平衡或氮化铝镓晶格常数调整现可达到非原位XRD法的精确度。

## AIXTRON授权LayTec使用EpiNet 2016软件

我们非常自豪地宣布，AIXTRON SE已授权我公司使用EpiNet 2016该软件是LayTec为EpiTT和EpiCurve®TT产品配备的最新控制和分析软件。EpiNet 2016可将计量系统的原位数据转化为更高等级的信息。Christian Geng博士，AIXTRON SE技术总监说：“通过引

进EpiNet 2016，我们的客户可以通过AIXTRON的MOCVD平台访问LayTec Gen3计量工具的主要功能。EpiNet 2016的改进性能和相关的定制升级包将为AIXTRON驱动外延过程赋予更多价值。”有关EpiNet 2016外延拓展分析功能和特性的更多信息，请联系[info@laytec.de](mailto:info@laytec.de)。

# Rubicon在2016年年底关闭其马来西亚的工厂

蓝宝石衬底制造商为了可预见的未来从LED重新调整到光学和工业市场

位于美国伊利诺伊州Bensenville的Rubicon技术公司(该公司为LED, 半导体和光学行业生产单晶蓝宝石衬底和产品)已经宣布计划在十一月结束其位于马来西亚檳城的工厂, 停止一切生产活动, 在今年年底完全关闭生产设施。

马来西亚的设施主要为LED市场从事生产抛光衬底和图案化蓝宝石衬底(PSS)。这一决定是为了可预见的未来集中在光学和工业蓝宝石市场上。

首席执行官Bill Weissman表示:“蓝宝石产业仍然是非常具有挑战性的, 今年以来LED蓝宝石产品的价格持续下滑。鉴于当前的市场条件, 我们的战略一直是打造一个更专注于光学和工业蓝宝石市场的业务, 这些领域我们的竞争对手与我们差距较大, 并且有有趣的新技术在发展”。

“我们也一直在努力通过将我们的产品范围限制在直径6英寸的晶圆, 留在LED衬底市场, 在6英寸领域竞争还比较小,

努力降低成本, 使该产品具有盈利能力。虽然我们取得显著进展, 但价格的持续下降使得在LED衬底市场取得利润在可预见的未来已不太可能”。

Rubicon援引其高品质的晶体, 强大和正在发展的美国客户群, 光学加工能力, 在光学和工业蓝宝石市场的强差异化, 并认为在这个市场, 在未来几年内将有推动收入和利润增长的新兴应用出现。

[www.rubicon-es2.com](http://www.rubicon-es2.com)

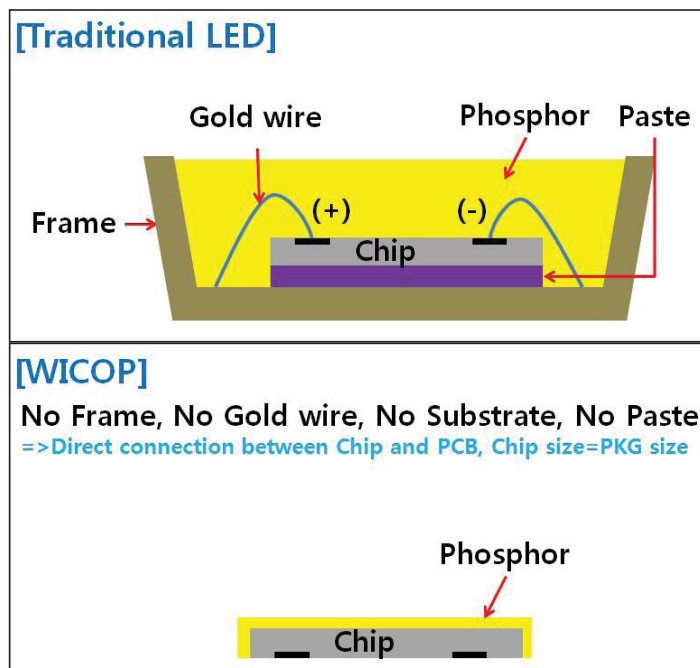
## 首尔半导体量产210lm/W WICOP无须封装的LED

韩国LED制造商首尔半导体有限公司现已批量生产新的“WICOP”产品, 具有210lm/W (350毫安) 的发光效率。

只由一个LED芯片和荧光体构成, 它不需要芯片封装(例如帧和金线等)。这个新的LED产品的概念因此不需要在封装设备以及需要封装的部件上进行任何投资(先前这些是LED制造必不可少的)。

首尔半导体表示, 最近推出的新产品WICOP(Y22)打破了惯例, 即如果该产品结构简单(只有一个芯片和荧光粉), 那么将难以提高发光效率。基于首尔半导体的LED专利芯片制造技术等相关技术已实现该产品。特别是它实现了比常规封装的高功率LED产品实现了更高的发光效率。它也被估计比外观上类似的CSP(芯片级封装)超过17%的更高的发光效率。

作为开发出了WICOP(号称是世界上第一个少封装的LED)的公司, 2012年以来首尔半导体已经将WICOP提供给IT和汽车制造商。2015年它推出了两种型号的WICOP照明产品。现在它已经开始大规模生产WICOP, 第一次具有210lm/W



传统的LED(左)和WICOP(右)的比较。

的发光效率, 将自身定位为少封装LED产品的先驱。

首尔半导体表示, 高功率LED如WICOP的重要性最近在全球LED市场迅速增长。

市场调研公司Strategies Unlimited的结果显示, 2015年超高功率LED产品(具有高发光效率, 如WICOP)占LED市场总额的20%, 在2020年应会超过30%。

首席技术官Ki-bum Nam估计:“首尔半导体已经自主开发了WICOP产品, 会阻止在封装行业正在增加的不必要的投资, 将成为下一代LED的标准, 因为它是一个创新的产品, 反映LED市场变化的新风。

我们将为客户继续开发WICOP相关的各种解决方案, 此外开发WICOP新产品, 到2020年超过220lm/W的发光效率。”

[www.SeoulSemicon.com](http://www.SeoulSemicon.com)

## 晶元光电对Adamax发起美国专利侵权诉讼

位于中国台湾新竹科学工业园的晶元光电股份有限公司(世界上最大的LED外延片和芯片制造商)在加州北区美国地区法院提起了专利侵权诉讼, 指控Adamax公司(以Newhouse Lighting为商标进行交易)侵权。诉讼称, Newhouse Lighting照明产品和技术侵犯了6项晶元光电的专利, 并寻求禁令以

停止进一步销售。

晶元光电的投诉指称, Newhouse Lighting灯丝灯泡如可调焰3.5W LED复古爱迪生灯丝灯泡侵犯了晶元光电的美国专利号6346771(“大功率LED灯”), 7489068(“发光器件”), 7560738(“发光二极管阵列具有粘合剂层”), 8240881(“发光器件封装”), 8791467(“发光二极

管及其制造方法”), 和9065022(“发光装置”)中的一个或多个权利要求。

晶元光电指出, 该公司已经在LED技术上投入了数百万的研发费用, 产生的专利组合包括超过4000项已授予和正在申请的专利, 奠定了其LED技术的基础。

[www.epistar.com.tw](http://www.epistar.com.tw)

## 4WDM MSA集团成立以驱动10,20和40公里低成本100G光学规范的开发 行业联盟定义和促进扩展达到100G规格, 服务于内部数据中心和访问应用

4WDM MSA (4波长波分复用多源协议) 集团近日宣布成立, 作为行业联盟致力于定义光学规范和促进采用互操作100G (4X25G) 光收发器, 基于CWDM4波长栅格用于10公里, 基于LAN-WDM波长栅格用于20公里和40公里, 高于双工单模光纤 (SMF)。

这些扩展的访问对于现代数据中心的

互联和移动回程应用是很重要的。4WDM MSA的参与方表示, 他们正在回应与之前提供的标准相比未能满足行业需要更长的波段, 更低的成本, 更低的功耗, 和更小的尺寸。

LightCounting市场研究公司首席分析师Dale Murray指出: “CWDM4 MSA定义了第一个双工低成本100G规范,

用于2公里到达, 基于CWDM栅格和采用RS (528514) FEC [Reed-Solomon前向纠错]。现在4WDM MSA正在扩展CWDM4 MSA和RS-FEC的价值主张来定义一个更具有成本效益的一套10到40公里范围的规范。客户, 尤其是超大规模的云服务提供商和运营商, 正在寻求40km优化的解决方案。”

[www.4wdm-msa.org](http://www.4wdm-msa.org)

## Luxtera公司发货第一百万支硅光子收发器

位于美国加州Carlsbad的无晶圆厂硅光子公司Luxtera公司表示, 它已经售出了100多万支硅光子PSM4 (平行单模光纤4频道) 收发器产品。该公司的专利技术结合了长距离具有单模光纤能力的低成本的收发器, 使云计算数据中心在成本效益下扩张比例。

Luxtera表示, 驱动数据中心内部成本效益的光学系统的一个重要组成部分是引入并行单模式 (PSM) 的光纤解决方案。关于标准化的努力正在使得PSM4多厂商的互操作性, Luxtera公司

是一个创始成员, 并是2014年100G-PSM4多供应商协议 (MSA) 的起草人, 这是第一个标准, 能够使PSM4光纤利用DML (直接调制激光器) 光学模块硅光子学的互操作性而不影响硅光子的成本效益。Luxtera公司表示, 这种MSA有数十家公司提供PSM4产品的支持, 并且各大云计算运营商正在大规模地部署。该公司还表示, 它继续推动进一步普及PSM4用于更高的数据速率, 并且IEEE 802.3bs, 200GBase-DR4和400GBase-DR4规格已标准化, 创建了一个迁移到400G的途径。

每个Luxtera公司的100G PSM4光收发器产品都包括四个独立操作的发送器和接收器频道, 集成高速相位调制器, 光检测器, 波导, 光栅耦合器, 高速电重定时器 and 集成控制电路, 由单个集成激光器提供动力。这些元件组合成一个完全集成的硅光子芯片组或PSM4光学引擎, 无需额外的外部因素。Luxtera公司表示, 它现在拥有广泛的客户基础包括主要的云数据中心运营商, 系统OEM厂商, HPC (高性能计算) 的运营商, 以及许多其他用户。

[www.luxtera.com](http://www.luxtera.com)

# REGISTER FREE

for *Semiconductor Today*

[www.semiconductor-today.com](http://www.semiconductor-today.com)

# 麻省理工学院和Masdar开发了光伏“阶梯电池”

## 阶梯的GaAsP/Si叠层电池产生了35%的效率

美国的麻省理工学院 (MIT) 和位于阿拉伯联合酋长国阿布扎比的马斯达尔 (Masdar) 理工学院的一个研究小组, 已开发出一种新的太阳能光伏“阶梯电池”, 结合以循序渐进的方式布置在吸收材料的两个不同的层- 下层在上层之下凸出来, 为了捕获了能量范围更广的太阳光, 两个层都暴露于入射阳光下。这类层状 (多结) 太阳能电池通常制造成本昂贵, 但研究人员使用了一种新的, 低成本的制造工艺。

阶梯电池概念的理论效率可以达到40%以上, 实际效率估计为35%, 主要研究者为Masdar学院的电气工程和计算机科学副教授Ammar Nayfeh, 麻省理工学院材料科学与工程学院的Merton C. Flemings-SMA教授Eugene Fitzgerald, 他们计划开一家创业公司使太阳能电池商业化。

Fitzgerald推出过几个新创公司 (包括AmberWave系统公司, Paradigm研究有限责任公司, 和4Power有限责任公司), 他认为阶梯电池可能准备在未来一年或两年内投放光伏市场。

研究团队6月在美国俄勒冈州波特兰举行的第43届IEEE光伏专门会议上展示了阶梯电池的初步概念。研究人员还在第40和第42届会议上报告了他们的研究成果, 并在Journal of Applied Physics和IEEE Journal of Photovoltaics上发表了论文。

### 硅之外

传统的硅晶太阳能电池的制造相对便宜, 但将太阳光转换成电能却不是非常有效。平均来说, 从硅基太阳能电池制造的太阳能电池板能将太阳能量的15~20%转化为可用的电能。

硅的低效率部分地是由于其带隙能量, 阻止它可以有效地转化更高能量的光子 (例如蓝光, 绿光和黄色光) 转换成电能。相反, 只有较低的能量光子 (例如波长较长的红光) 被有效地转换成了电能。

作为对比, 砷化镓和磷化镓可以利用更多的太阳的高能量光子。尽管这些半导体已经实现了比硅更高的效率, 但是通过在彼此的上层叠不同材料然后微调它们已经制作出了效率最高的太阳能电池, 使每种材料都可以吸收电磁波谱的不同波长的部分。



层状太阳能电池的理论效率可达到50%以上, 但其非常高的制造成本将其限制在特殊应用上, 如卫星, 其中高成本相比低重量和高效率来说不是那么重要。

Masdar学院-麻省理工学院的阶梯电池, 相反成本可以降低很多, 因为一个关键的原因是可重复使用衬底。因此该器件可以帮助促进在工业水平上具有更高效的多结太阳能电池的商业应用。

### 成功的步骤

阶梯电池是通过在低成本的硅太阳能电池上层叠磷砷化镓 (GaAsP) 基太阳能电池而制成的。硅层露出, 作为底部阶梯。这种有意的阶梯设计允许顶端的GaAsP层吸收高能光子 (从蓝光, 绿光和黄光中吸收能量), 底部硅层自由吸收低能光子 (从红光中吸收), 这样可以整个可见光光谱中吸收能量。

Masdar理工学院的博士生Sabina Abdul Hadi表示: “我们意识到, 当顶部的GaAsP层完全覆盖底部硅层时, 只有较低能量的光子被硅锗 (SiGe) 吸收, 因此太阳能电池具有低得多的效率。GaAsP是生长在硅锗衬底上的。通过刻蚀掉顶层和露出部分硅层, 我们能够明显地增加效率”。Sabina Abdul Hadi的博士论文提供了阶梯电池的基础研究。

在Nayfeh的指导下, Abdul Hadi进行了基于实验结果的模拟, 以确定硅上的GaAsP层的最佳水平和几何构型, 从而得到最高效率。她的研究结果产生了最初的概念太阳能电池。Abdul Hadi将在Masdar学院作为博士后继续支持阶梯电池的技术的开发。

在麻省理工学院, 该团队开发了在SiGe组成的半导体合金衬底上生长磷砷化镓的技术。

Nayfeh表示: “磷砷化镓不能在硅上直接生长, 因为它的晶格与硅的明显不同, 因此硅晶体会变得退化。这就是为什么我们在硅锗衬底上生长磷砷化镓, 它提供了一个更稳定的基础。”

磷砷化镓层下的硅锗的问题是低能光波在到达底部硅层之前被硅锗吸收, 而SiGe不能将这些低能量的光波转换成电流。为了解决由硅锗构成的光学问题, 我们开发了阶梯电池的概念, 这使我们能够利用磷砷化镓和硅的不同能量吸收带”。

阶梯电池的概念带来了性能改进的电池, 其中的SiGe模板被移除并重新使用, 从而产生GaAsP电池片直接在硅电池顶部的太阳能电池。阶梯电池允许SiGe重复使用, 因为GaAsP电池片在转移过程中可以下切。Fitzgerald表示: “我们在硅锗上面生长了GaAsP, 以优化的几何结构进行图案化, 然后将其键合到硅电池上。然后, 我们将图案通道刻穿, 剥离硅上的硅锗合金。最后剩下的是一个高效率的串联型太阳能电池和能够重复使用的硅锗模板”。

因为该串联电池被键合在一起, 而不是作为一个整体的太阳能电池 (其中所有层都生长在单个衬底) 创建的, SiGe可以除去和重复使用, 这显著降低了制造成本。

Fitzgerald表示: “增加一层磷砷化镓能真正提高太阳能电池的效率, 而且由于刻蚀掉的硅锗能够重复使用的独特能力, 成本保持在较低水平, 因为硅锗成本可以分摊到制造的很多的电池上”。

### 填补了市场空白

菲茨杰拉德相信, 阶梯电池非常适合太阳能光伏市场在超高效率和低效率的工业应用之间的现有差距。此外, 如在这个市场空隙的产量增加, 制造成本随时间应该可以进一步向下驱动。

该项目始于九个马斯达尔理工学院-麻省理工学院的旗舰项目之一, 这是包括来自两所大学的教师和学生的潜力的合作项目。麻省理工学院和马斯达尔理工学院合作项目在2007年帮助发起成立了马斯达尔学院, 两个学院之间的研究合作应对全球的能源和可持续发展问题, 并寻求发展在阿布扎比的研究能力。

Nayfeh表示: “这个研究项目突出了研究和国际合作开发在一个商业相关技术为基础的创新所起到的重要作用”。

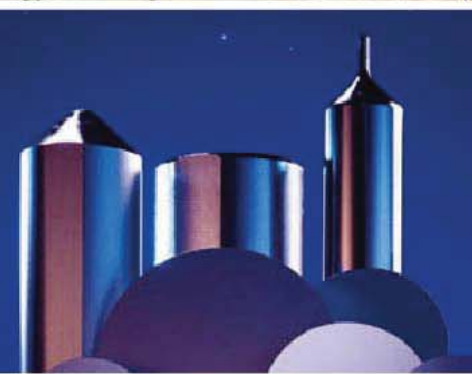
[www.masdar.ac.ae](http://www.masdar.ac.ae)  
<http://pv.mit.edu>



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



# 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



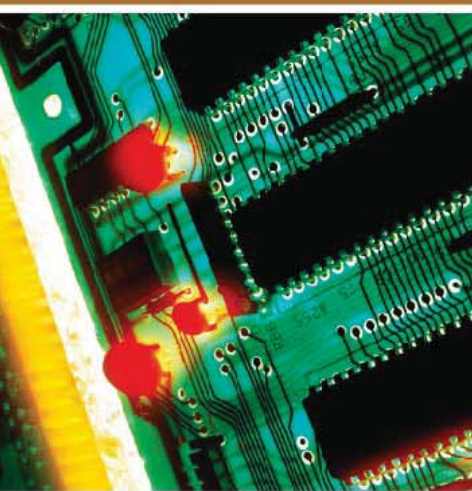
**GaAs 50mm – 150mm**  
**InP 50mm – 100mm**  
**Ge 50mm – 150mm**

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

# AVANCIS和Sunpartner在太阳能玻璃上合作开发BIPV市场

一个铜铟镓硒 (CIGS) 薄膜光伏电池技术相关战略合作伙伴关系已经公布了, 位于德国Torgau的Avancis有限公司的CIGS薄膜光伏电池技术被位于法国普罗旺斯艾克斯地区鲁塞的Sunpartner技术公司用在半透明WYSIPS设计玻璃的能量生产太阳能玻璃中, 用于在建筑和智能城市市场使用。

合作的第一个半透明太阳能玻璃板在德国杜塞尔多夫举行的 (9月20日至23日) 玻璃技术交易会的Avancis公司的展位 (11号馆/D59) 上进行展出。总共6个不同设计的光伏组件将展出, 作为WYSIPS设计玻璃技术的首批样品。

Sunpartner公司总裁Ludovic Deblois表示: “能够与全球公认的强有力的合作伙伴合作是至关重要的。Avancis公司开发和生产领先的薄膜CIGS光伏组件, 在市场上具有最好的表现。事实上, 他们已经被Fraunhofer ISE的TuV和其他公认的认证机构进行了认证..... Avancis公司已经聪明地适应开发太阳能市场的

光伏建筑一体化来很早定位自己, 光伏建筑一体化在欧洲和世界各地越来越强烈地增长。我们已经计划了几个新的研发理念, 在位于德国的研发中心进行研发”。

Avancis公司的首席执行官Franz Karg博士表示: “Sunpartner技术在生产能量玻璃上具有丰富的经验。经过两年多密集的合作, 我们很高兴与创新合作伙伴进行合作果断地完成了我们的太阳能外墙的产品组合。除了我们现有的彩色建筑的面板, 我们将能够提供半透明表面, 如外墙保温, 双外墙和天窗等基本的产品。”

Sunpartner提供了一系列可定制设计的 (应要求提供渐变, 形状或颜色) 半透明光伏建筑玻璃和不同的透明度 (10-70%), 其功率/产量可达110Wp/m<sup>2</sup>。

WYSIPS设计玻璃集成到建筑物的结构设计上, 使得立面, 檐篷, 天窗, 阳台栏杆和遮阳篷设计成独特的建筑元素。

在普罗旺斯地区艾克斯附近, Sunpartner计划制造WYSIPS设计的玻璃模块, 并在2016年年底前系列产品可以市售。服务

于建筑行业, 该生产厂2017年将其生产能力从30000平方米/年提高到2022年的200000平方米/年, 以满足欧洲市场的需求。扩大到全球其他市场将通过合资企业的生产来实现。

该公司还开发了WYSIPS视觉玻璃: 透明太阳能技术集成到玻璃上从而使窗户变成太阳能电池板, 同时保持美观。WYSIPS视觉玻璃还可以具备其他功能, 如使窗户变暗, 照明, 自动打开或报警。兼容夹层钢化玻璃, 它产生18-50Wp/m<sup>2</sup>的能量, 具有20-70%的透明度。

凭借其WYSIPS设计玻璃和视觉玻璃, Sunpartner旨在将自己定位为光伏建筑一体化 (BIPV) 市场的主要参与者, 预计在未来几年会有强劲增长。在新建筑, 能源法规正在推动对能源积极利用的建筑。能源改造中也存在集成太阳能玻璃显著的机会。根据n-tech研究, 到2020年集成太阳能玻璃市场预计将达到35亿美元。

[www.sunpartnertechnologies.com](http://www.sunpartnertechnologies.com)  
[www.Avancis.de](http://www.Avancis.de)

# MiaSolé 推出下一代17%效率的灵活超轻的CIGS光伏组件

在美国拉斯维加斯举行 (9月12-15日) 的国际太阳能会议上, 铜铟镓硒 (CIGS) 薄膜光伏太阳能电池板制造商位于美国加州Santa Clara的MiaSolé公司 (该公司成立于2004年, 在2012年12月被位于北京的可再生能源公司汉能公司收购) 推出了其下一代灵活的超轻型太阳能电池组件。

MiaSolé表示, 新的产品以灵活, 超薄, 超轻巧的外形实现高达17%的效率 (灵活度是以前薄膜太阳能技术的两倍, 比传统的刚性太阳能电池板更轻四倍)。

该公司表示, 新的产品可以安装在任何位置, 网格上或网格下, 即使在以前无法安装太阳能的地方也能安装, 能量回收期不到半年的时间。MiaSolé已实现大批量生产, 并开始在2016年批量发货。

在过去, 太阳能的安装被限制在刚性玻璃面板, 根据建筑物的结构或屋顶的类型, 仅能安装在特定条件下。MiaSolé估计, 其新的超轻, 高效率的柔性太阳能电池产品将开拓新的市场, 创造新的应用, 并为制造商开启新的产品设计的可能性, 将太阳能解决方案集成到他们的产品中。MiaSolé的新产品是在太阳能发电行业向太阳能电池板更灵活的集成到屋顶和其他产品的更广泛趋势的一部分。例如, Elon Musk (马斯克) 最近宣布,

SolarCity公司打算开始提供了一个新的使用集成太阳能技术的“太阳能屋顶”的产品。马斯克表示: “不是仅仅卖可以放在现有屋顶上的太阳能电池板, SolarCity可以出售本身内置太阳能发电能力的整个屋顶, 有可能开辟一个全新的市场”。

MiaSolé已经发展伙伴关系以创造新类型的屋顶以及其他与集成他们太阳能发电的光伏建筑一体化 (BIPV) 产品。

McElroy金属公司, 一家先进的屋顶解决方案的供应商, 与MiaSolé合作打造太阳能屋顶解决方案。McElroy金属公司营销副总裁Ken Gieseke表示: “他们的薄膜太阳能模块美观而且很容易连接到我们的屋顶系统, 因为他们有一个工厂应用的粘合剂, 与我们的金属板屋顶匹配效果很好。MiaSolé的新一代柔性太阳能电池板已经在性能上相比以往的柔性太阳能电池改善显著.....他们的柔性太阳能电池板的性能现在与刚性玻璃面板看齐。”

MiaSolé的产品销售和市场营销副总裁Anil Vijayendran表示: “我们新的灵活的超轻型太阳能解决方案将照亮下一代柔性太阳能技术, 克服了太阳能使用的最困难的部分。这项技术与马斯克和SolarCity公司已经开始推进的较大转换的想法尤其相关, 集成“太阳能屋顶”

产品而不是安装在屋顶单独的太阳能电池组件。相比硬质玻璃面板以前的局限性, 我们的薄膜太阳能电池技术已经取得了世代交替, 并且效率和适应性的已达到一个新的水平。这对建筑物的屋顶上安装太阳能尤为重要 - 我们的柔性太阳能技术比标准的玻璃面板轻4倍, 这有助于解决集成太阳能屋顶结构最大挑战之一, 即太阳能电池板的重量”。

Vijayendran还表示, MiaSolé的新的, 高效柔性太阳能电池板比上一代柔性太阳能技术的产品更具成本效益比。Vijayendran表示“即使我们已经显著扩大了柔性太阳能技术的效率, 我们已经成功地控制住了成本, 使得柔性太阳能电池成为一个更引人注目和具有成本效益的技术, 有益于开发太阳能新的市场”。

MiaSolé声称, 其新的灵活的超轻型太阳能产品的效率是市场上最高的薄膜太阳能技术, 有高达17%的生产效率 (效率是上一代的2倍), 2017年预计到18%以上。太阳能解决方案可在各种大小情况下进行装配和修改, 通过使用揭掉-粘性的粘接胶粘接到表面以适应任何应用。因为他们是如此之薄 (2.5毫米), 新的柔性太阳能电池板是防碎的, 也防风和地震活动。

[www.MiaSole.com](http://www.MiaSole.com)  
[www.solarpowerinternational.com](http://www.solarpowerinternational.com)





# Pick your size.

The Temescal UEFC-4900—ultimate lift-off metallization performance like the UEFC-5700, but optimized for smaller wafers and smaller production volumes.



Temescal  
UEFC-4900

It's the elephant in the room. With our Auratus™ deposition enhancement methodology and the UEFC-5700, we brought you huge metallization process improvements including near perfect uniformity; but UEFC-5700 is a high-volume production tool. Now we've packed this performance into a mid-sized system, the UEFC-4900, because sometimes the elephant is just too big.

Harmonize your process to the vapor cloud and experience the huge performance benefits, even if you run smaller wafers and smaller production volumes.

A Temescal system can bring near perfect uniformity to your lift-off metallization coating process. To find out more, visit [www.temescal.net/auratus-elephant](http://www.temescal.net/auratus-elephant) or call +1-925-371-4170.

# 柔性超薄砷化镓光伏器件

研究人员认为该器件可用在眼镜和/或织物上作为电源。

**韩**国的研究人员开发出了转移印刷工艺，在金属上制作柔性砷化镓(GaAs)光伏器件，并且不使用层间粘合剂[Juh0 Kim et al, Appl. Phys. Lett., vol108, p253101, 2016]。研究人员认为，这种柔性器件的应用领域，可以作为可穿戴电源用在一副眼镜和/或织物的框架上。其他可能的用途包括空间应用和聚光光伏。

研究团队来自于光州科技研究院(GIST)，韩国光技术研究院(KOPTI)和岭南大学，他们宣称该工艺的良率接近100%。

采用低压金属有机化学气相沉积(LP-MOCVD)在700°C下生长太阳能电池材料。生长了各种结构，其中包括一个超薄层，厚度是最厚层的四分之一(图1)。研究团队认为：“较薄的化合物半导体器件，外延结构生长使用较少的材料和时间，因此成本会更低”。生长的各层是不同掺杂的砷化镓，除了一个0.1 μm的铝镓砷(n-Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As)背面场(BSF)层。

微电池通过光刻和沉积钛/金顶部电极制作。湿法化学台面刻蚀创建了760 μm x 760 μm的活性区。光刻胶(PR)层在器件通过牺牲层的湿式化学刻蚀从衬底分离期间保护了器件。此外，SU8环氧树脂层用来在某些情况下加强光刻胶的保护作用，以避免超薄微小区的开裂。

电池由聚酰亚胺(PI)和聚二甲基硅氧烷(PDMS)构成的薄膜印模进行转移。转移之前，下方的钛/金电极通过阴影掩膜沉积，这一掩膜能够阻止金属在微电池侧壁上的沉积，从而避免底部和顶部接触之间的短路。底部电极在超薄电池内也构成了一个光反射器，从而为光子被吸收提供了

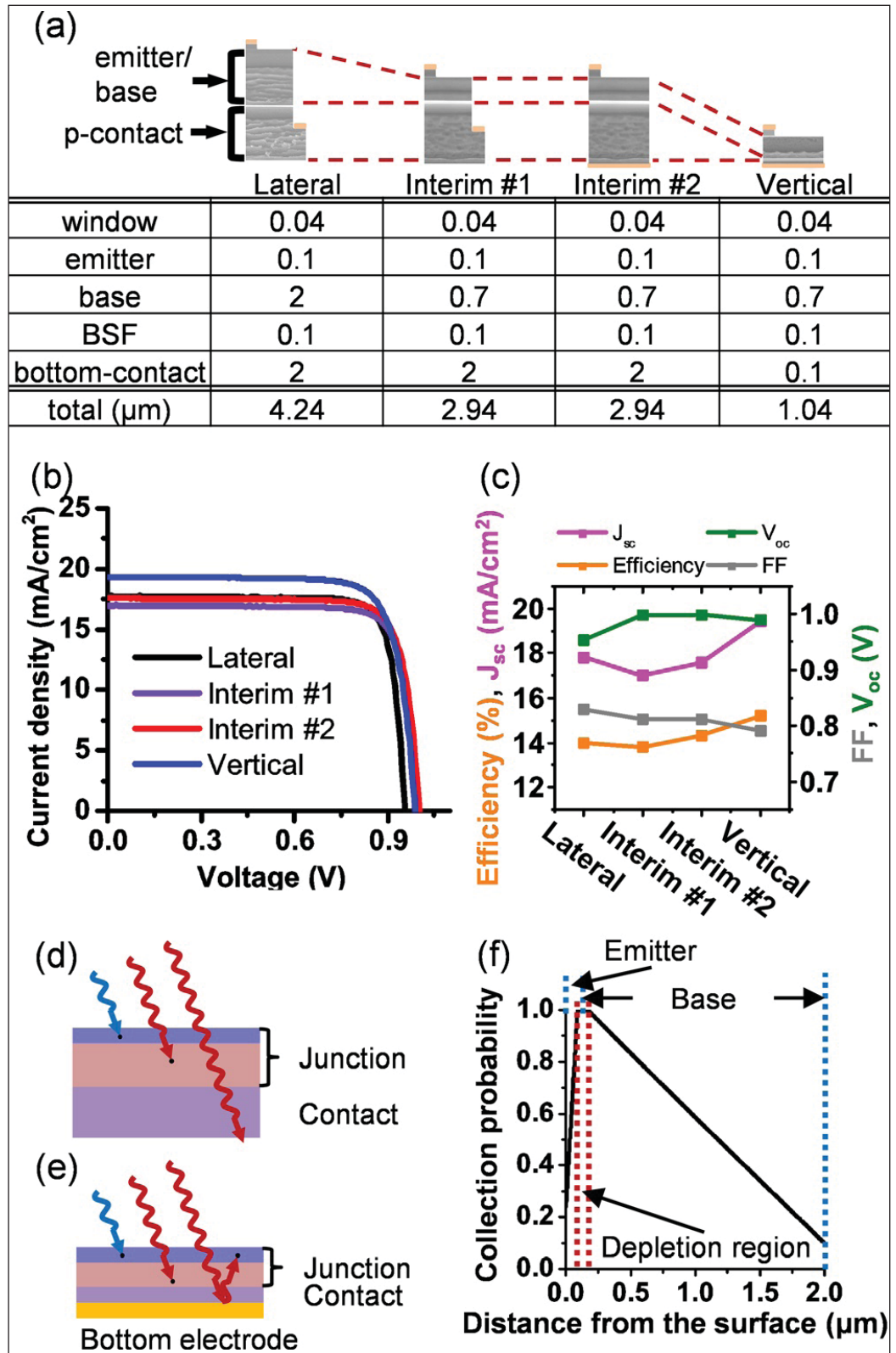


图1: (a) 不同的太阳能微电池结构的细节。(b) AM 1.5G照射下测得的电流密度(J)-电压(V)曲线。(c) 测得的短路电流密度( $J_{sc}$ ), 开路电压( $V_{oc}$ ), 填充因子(FF)和效率( $\eta$ )。 (d) 厚器件中动态光子的示意图, 最高能量的光子在表面附近被吸收, 中等能量的光子在结层处被吸收, 较低能量的光子传送到微电池(一种损失过程)。 (e) 具有底部电极反射非吸收的光子的超薄器件的光子动态示意图。 (f) GaAs太阳能电池的理论收集概率。

两个途径。

通过170°C下(图2)施加20分钟~80kPa的压力,微电池通过‘冷键合’到接收器件的12.5 μm聚酰亚胺衬底上的金属电极上。光刻胶的保护有助于当薄膜印模剥离时避免分层。光刻胶用丙酮除去。

接收衬底上的电极是760 μm x 850 μm的矩形。将微电池封装在2 μm的SU8的环氧树脂中,电池之间形成钛/金互连。

超薄样品具有19.4 mA/cm<sup>2</sup>的最高J<sub>sc</sub>,同时保持V<sub>oc</sub>在较厚的样品附近。超薄器件的转换效率为15.2%,这也超过了其它结构。

研究团队认为性能的改进是由于后反射器和更薄的基极和底部接触层的联合作用。研究人员补充道:“大多数低能量光子在结处被吸收(在能量转换过程中),但他们中的一些被转移出了结之外(损失过程),为了减少损失,我们可以制作更厚的基极或使用一个后反射重新将光子导入较薄的结”。

超薄器件在断裂前还应该可以遭受更严重的弯曲。研究人员发现了超薄阵列在绕着1毫米左右厚的玻璃片或1.4毫米半径的医疗清洁棉签的弯曲后没有断裂。根据该团队,弯曲到1.4毫米半径,然后释放直立,重复1000次,电学性能也并没有退化。

研究人员还用铬/金串联了七个电池,给出的V<sub>oc</sub>为6.8V,几乎是单个电池的7倍(7x0.99V = 6.93V)。

<http://dx.doi.org/10.1063/1.4954039>

作者: Mike Cooke

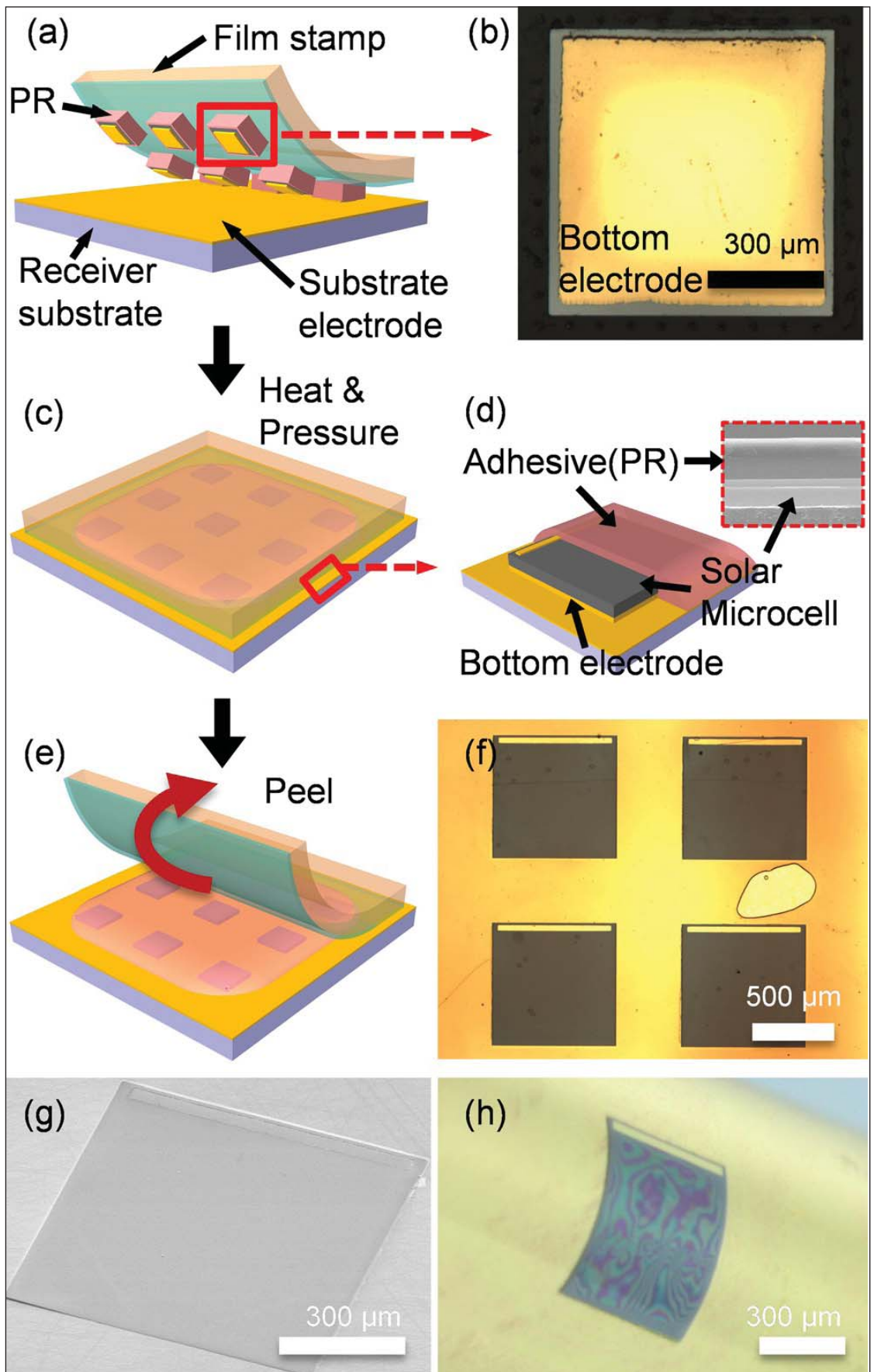


图2: 具有后反射器的柔性垂直超薄碲化镉太阳能电池的制作。(a) 具有垂直碲化镉微电池的薄膜印模从外延生长源晶片上制作和分离。(b) 底部电极,也用作背部反射镜,沉积在超薄垂直碲化镉微电池的背面。(c) 薄膜印模在做入接收衬底的接触之后。(d) 微电池的原理图和横截面扫描电子显微镜(SEM)图像。(e) 剥离薄膜印模,留下垂直超薄太阳能电池在接受衬底上。(f) 剥离薄膜印模后印制的微电池光学显微图像。(g) 光刻胶去除后,垂直太阳能电池转移印制到接收器衬底之后的SEM图像。(h) 弯曲在1mm半径载玻片上的微电池的光学图像。

# 在晶片键合的InP/Si衬底上的激光二极管的外延生长

技术应可允许没有晶格失配问题的单片集成的对准精度。

**日** 本索菲亚大学开发出用于在键合到硅(Si)上的磷化铟(InP)层上生长激光二极管的技术[Keiichi Matsumoto et al, Appl. Phys. Express, vol9, p062701, 2016]。研究者声称这是第一次外延生长的镓铟砷磷/磷化铟(GaInAsP/InP)材料双异质结构激光二极管(LD)证明可以生长在晶片键合的InP/Si衬底上。通常晶片键合在创建双异质结构之后进行。

虽然单片集成-硅上III-V材料直接生长-将是优选,该技术受到晶体退化的困扰,因为InP和Si之间具有大的晶格失配(~8%)。另一方面,晶片键合的对准也必较困难,因此低成本地进行精确的高密度集成比较难。

研究者认为:“虽然硅电路的成本可能比较低,但预先将激光二极管芯片制作到平面光回路的对准费时且昂贵,这造成了组装和封装器件的最终成本

Contact	p-GaInAs	50nm
Cladding	p-InP	1000nm
Active	$\text{Ga}_{0.25}\text{In}_{0.75}\text{As}_{0.45}\text{P}_{0.55}$	170nm
Buffer	n-InP	330nm
Bonded	n-InP	1 $\mu\text{m}$
Substrate	Silicon	

图2. 生长层结构的示意图。

比较高。为了解决这些问题,我们提出了通过低压有机金属气相外延

(MOVPE)将InP-基光器件单片集成到晶片键合的InP/Si衬底上”。

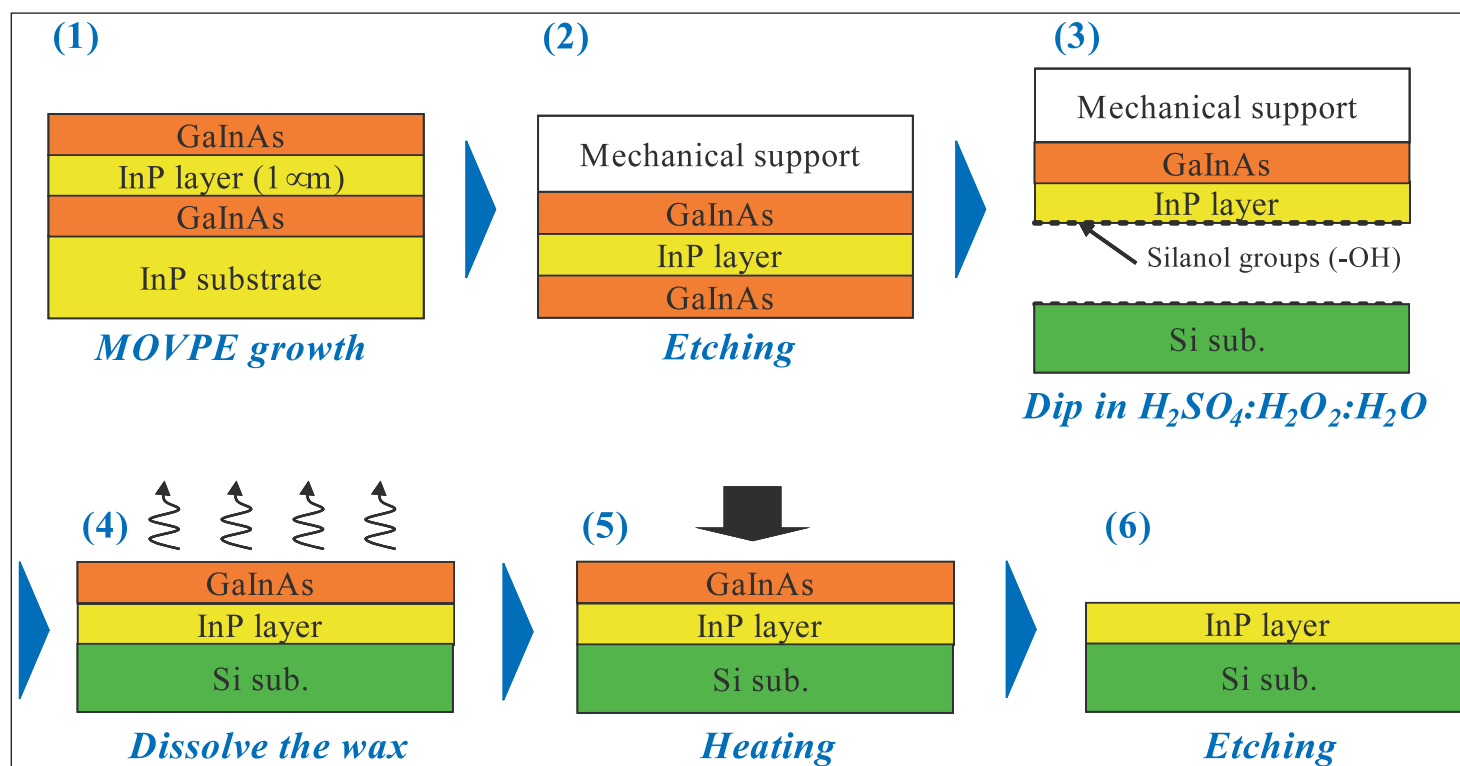


图1. 磷化铟/硅制造工艺的示意图。

通过MOVPE在n-型 (100) InP上生长GaInAs/n-InP/GaInAs结构中制备InP层。夹层n-型InP层的厚度目标和载流子浓度分别为 $1\mu\text{m}$ 和 $3 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 。该GaInAs层充当用于后续工艺的刻蚀停止层。

将一个蜡层施加到结构上作为晶片键合工艺的机械支撑 (图1)。通过湿法刻蚀除去n-InP生长衬底。n-InP和硅表面进行清洗,使之在键合之前亲水。(从这篇论文看来,通过这个阶段,GaInAs表面从蜡支撑层除下来,蜡层在该清洗过程中也被除去了。) InP和Si表面在去离子水中放在一起,然后在氮气流中进行干燥。

蜡支撑层在一个温暖的有机溶剂中除去。然后n-InP/Si结构在顶部压力下退化,最终GaInAs层通过湿法腐蚀的方法除去。

然后激光二极管的双异质结构通过更多的MOVPE进行生长 (图2)。该结构的光致发光与生长在InP衬底上的结构相当。研究人员表示,该晶片键合工艺造成的晶体质量下降可以忽略不计。

激光二极管通过晶片减薄到100微米以下和施加电极进行制作:将金-锌施加到p型GaInAs的顶侧,金-铝施加到n型Si的底面。激光条手动进行解理:200到300 $\mu\text{m}$ 长,50到100 $\mu\text{m}$ 宽。

一个 $250\mu\text{m} \times 90\mu\text{m}$ 的器件室温下在10kHz和100ns的脉冲操作下具有 $7.5\text{kA}/\text{cm}^2$ 的阈值电流密度。与此相比,生长在InP衬底上的器件的值为 $3.7\text{kA}/\text{cm}^2$ 。

研究人员指出由于异质结的不稳定性和晶体暗线缺陷引起的自身发热,载流子注入的减少,可能是硅上器件的性能劣化的主要原因。暗线缺陷是磷化铟和硅之间的热膨胀系数的差异引起的。

研究人员认为,高反射涂层可以降低阈值电流。

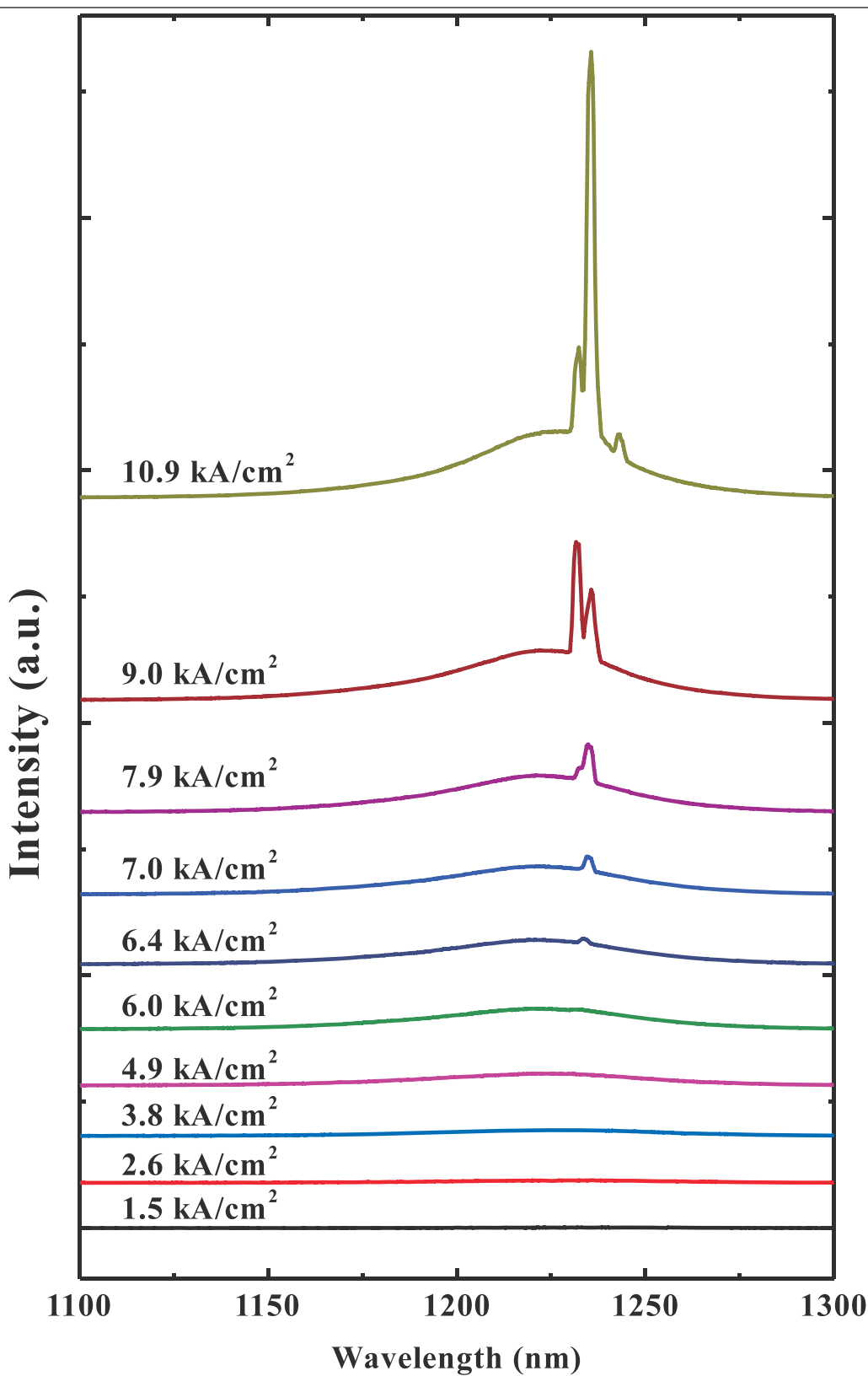


图3: 在不同的电流下的谱图。

激光输出功率在 $9\text{kA}/\text{cm}^2$ 周围时出现扭结的原因暂定为由于该器件的平板结构产生的横向模激发。谱分析表明,电流增加出现多种模式 (图3)。研究团队写道:“这个问题将由一个横向单模波导的制造来克服”。

研究人员的结论是:“这些结果说明高密度集成对于基于InP的激光二极管作为光互连光源和用于克服现有的混合集成方法的问题来说是非常有前途的。”

<http://doi.org/10.7567/APEX.9.062701>  
作者: Mike Cooke

# 光泵浦的III-V器件转移压印在硅绝缘体上

研究者声称这是III-V族光电元件第一次用硅光子集成电路使用的方法进行加工。

**位** 于比利时的根特大学/IMEC和位

于爱尔兰/美国的X-Celeprint宣称“第一次将III-V族光电元件转印和耦合到硅光子集成电路中”[Andreas De Groote et al, Optics Express, vol24, p13754, 2016]。该研究团队认为：“这项工作对将III-V光电元件以成本有效的方式整合到硅光子集成电路中，包括激光器，半导体光放大器和电吸收调制器，奠定了坚实的基础”。

转印方法使用聚二甲硅氧烷 (PDMS) 弹性体印模，以从源到靶平行地拾取和放置“试件 (coupon)”。试件包括薄膜材料或甚至是已完成的器件。材料和印模的粘附是通过接触的速度决定的。快速拿起试件然后慢速释放它。通过图案化印模，很多试件可被拾取并以放大方式放置在目标衬底上 (图1)。这使得可以有效地使用和共集成不同昂贵的III-V族材料和器件源。

研究人员评论道：“虽然拾取和放置的技术具有相似性，但转移印花方法的主要优势是试件可以以大规模并行的方式转移印刷，通过同时拿起并放置大型阵列的试件，这允许用于大规模生产的集成工艺”。

所转移的试件具有十到几百微米的尺寸，不像通常的晶片键合

图3：集成到SOI波导的光泵浦发光器件。

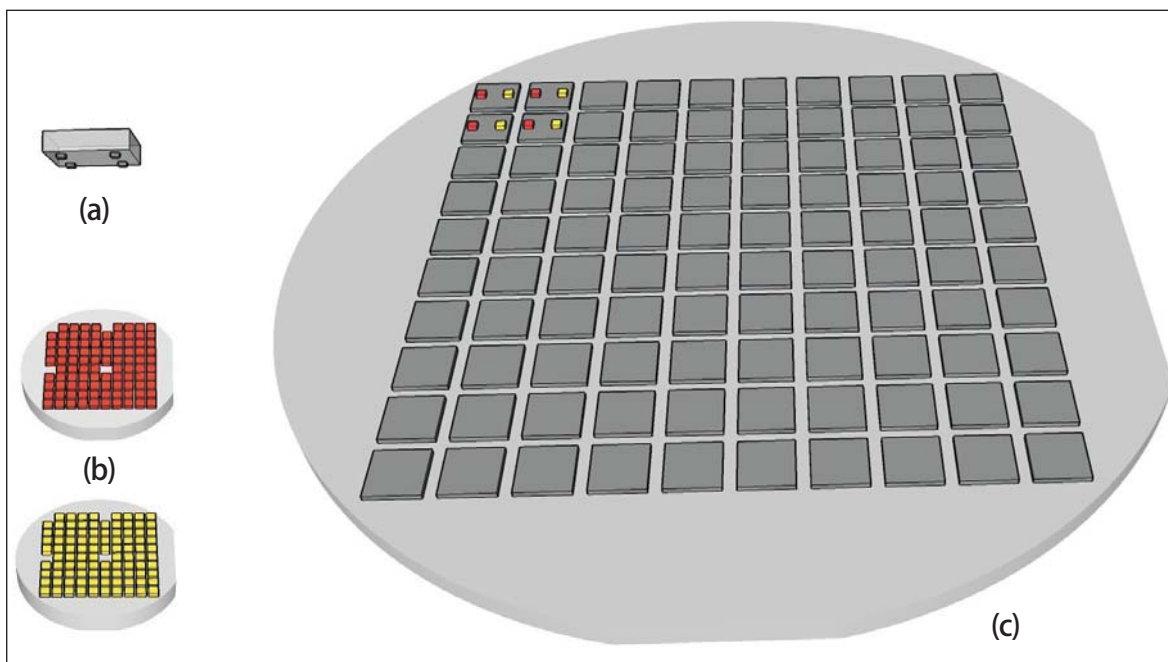


图1：III-V族试件从源衬底转印到SOI目标衬底的区域放大：(a)图案化的印模，(b)具有图案化试件的两个源衬底，和(c)SOI目标衬底，每个源具有四个印制了的试件，左上角。

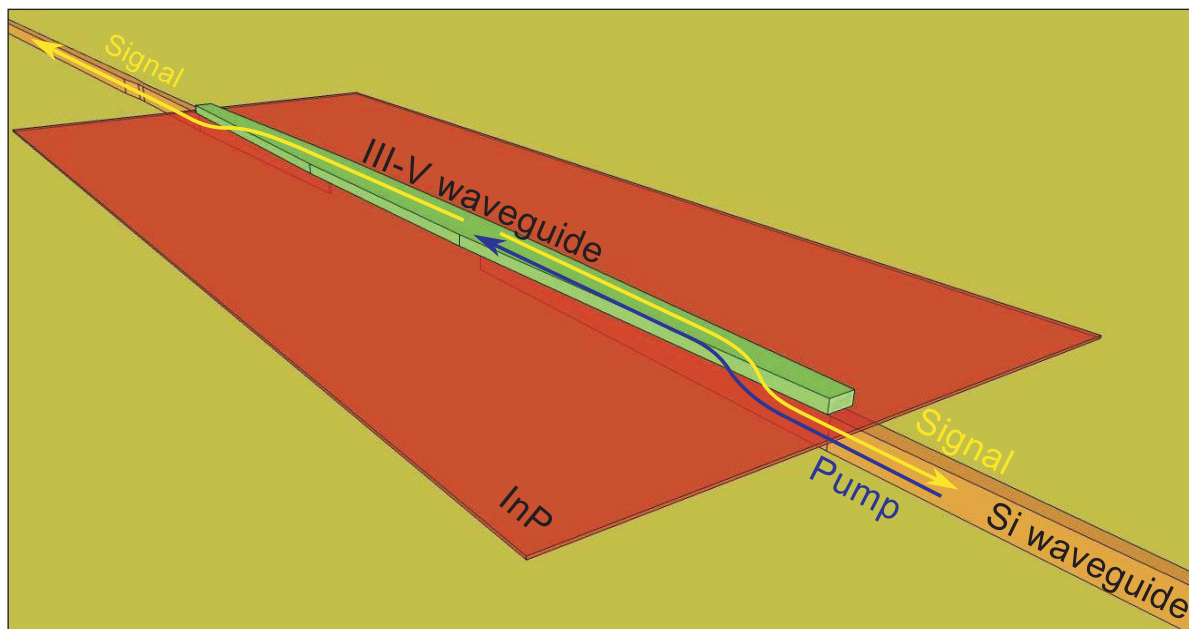
的方法，其模具通常是毫米的量级。

根据研究人员，试件以晶片级的工艺进行转移，使得SOI波导电路的对准就不那么难了。即使这样，利用标记物，对准精度三标准偏差 ( $3\sigma$ ) 可以达到  $\pm 1.5\mu\text{m}$ 。

研究人员转移了铟镓砷磷 (InGaAsP) 多量子阱 (MQW) 发光器件到具有工艺

化了的波导电路的绝缘体上硅 (SOI) 的晶片上 (图2)。MQW夹在60nm的磷化铟 (InP) 势垒之间。总膜厚度为200nm。

泵浦光通过根特/IMEC开发的一种绝热锥结构耦合进III-V族膜[Soren Dhoore et al, Optics Express, vol24, p12976, 2016], 绝热锥的设计对于对准方面的要求高度宽松 (图4)。



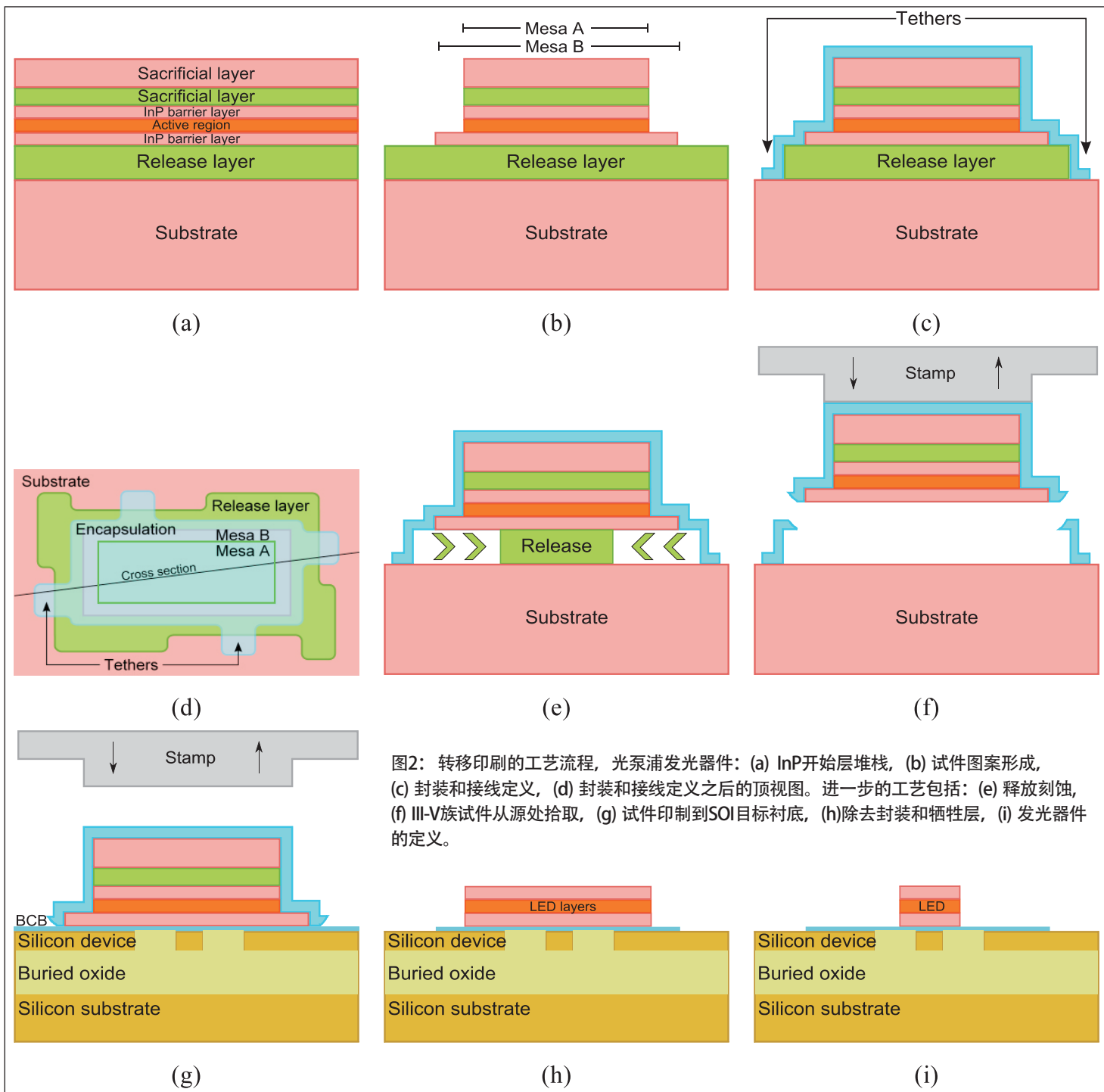


图2：转移印刷的工艺流程，光泵浦发光器件：(a) InP开始层堆栈，(b) 试件图案形成，(c) 封装和接线定义，(d) 封装和接线定义之后的顶视图。进一步的工艺包括：(e) 释放刻蚀，(f) III-V族试件从源处拾取，(g) 试件印制到SOI目标衬底，(h)除去封装和牺牲层，(i) 发光器件的定义。

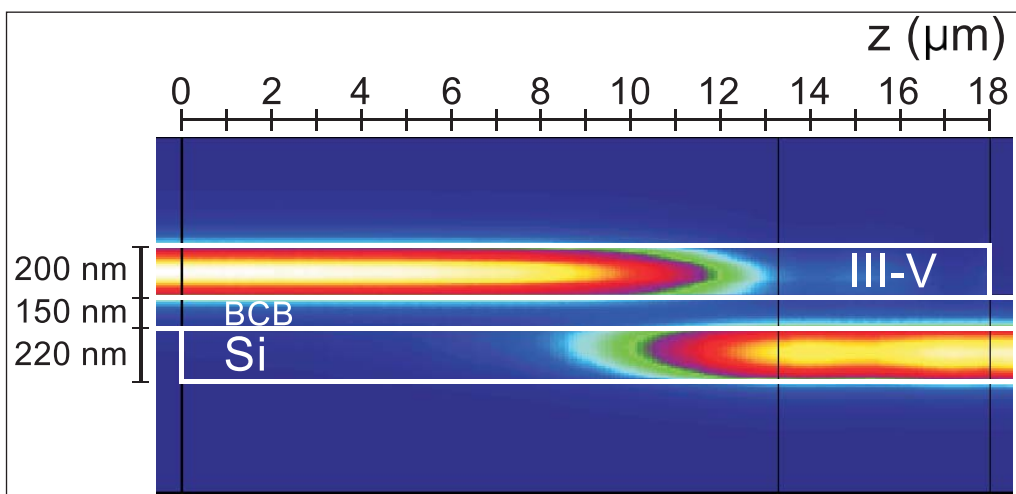
集成的III-V族/SOI波导结构的测量表明在大约1550nm的波长处发射光的功率效率，这一大小与传统的硅上键合III-V族实现的值在同一个数量级。该研究团队写道：“130纳米的3dB的带宽是比较大的，这堪比先前报道的结果”。

<http://dx.doi.org/10.1364/OE.24.013754>

<http://dx.doi.org/10.1364/OE.24.012976>

作者：Mike Cooke

图4：锥形耦合结构强度轮廓的侧视图。1550nm光从III-V族绝热耦合到硅波导中。



# 晶片键合集成硅, 砷化镓, 以及氮化镓

研究人员期待集成缩小的CMOS和功能多样的器件, 如光发射和高频大功率电子器件。

**新** 加坡和美国的研究人员开发了用于键合晶片的工艺, 使他们能够集成砷化镓 (GaAs), 氮化镓 (GaN) 和硅 (Si) CMOS层 [Kwang Hong Lee et al, Appl. Phys. Express vol9, p086501, 2016]。

新加坡-麻省理工学院研究和技術联盟 (SMART) 与新加坡南洋理工大学以及美国麻省理工学院的研究人员认为, 该方法提供了一个路径, 以进一步缩小CMOS和功能多样化的器件 (图1)。III-V族材料可提供有效的光发射, 高电子迁移率, 高临界场, 等等。

该研究团队评论道: “通过该方法, 所使用材料的功能性可以在单个硅平台上实现 (例如, 砷化镓更适合高频高电子迁移率晶体管 (HEMT) 器件, 氮化镓更适合于高功率器件, 廉价的Si更适合于数字控制电路)”。

理想的情况下, III-V材料将直接在硅上生长, 但所需的高达1350°C的温度会破坏先前已工艺化了的任何硅电子电路。

该工艺 (图2) 从绝缘体上硅 (SOI) 晶片开始, 在其上用等离子增强化学气相沉积 (PECVD) 施加500nm的二氧化硅 (SiO<sub>2</sub>)。SOI结构包括0.4μm的掩埋氧化物 (BOX) 和1.3μm的硅。BOX通过硅衬底的热氧化创建。PECVD二氧化硅是600°C下在氮气中进行致密化以除去气体分子和沉积掺入的其它副产物。施体晶片然后通过化学机械研磨 (CMP) 进行平面化。

硅载体晶片的准备通过将键合表面暴露于氧等离子体, 在去离子水中

图3: (a) SOI和Si处理晶片的第一个键合的红外图像, (b) 第二个键合到砷化镓/锗/Si衬底, 以及(c) 第三个键合到GaN/Si衬底上。(b) 和(c)中的红色圆圈表示从处理晶片背面侧湿法腐蚀形成的缺陷。(d) 三键层转移工艺后的SOI-砷化镓/锗/GaN/Si衬底表面。

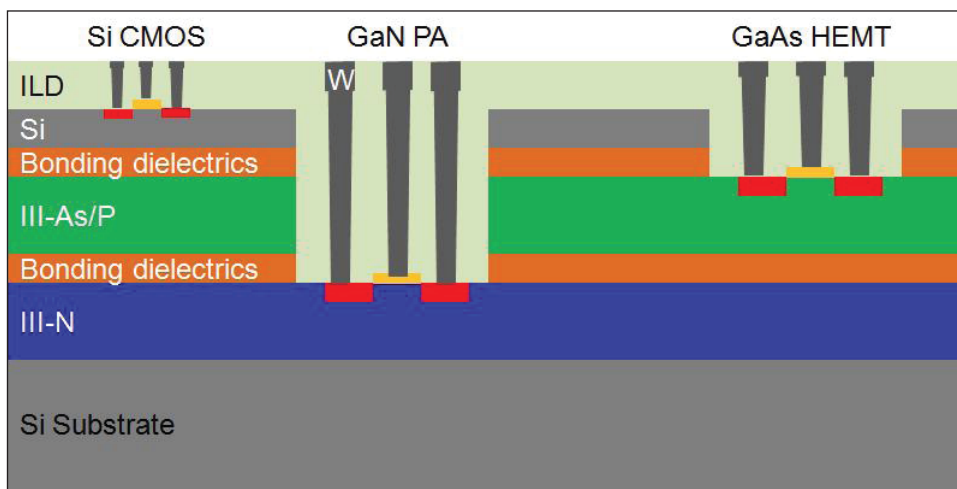
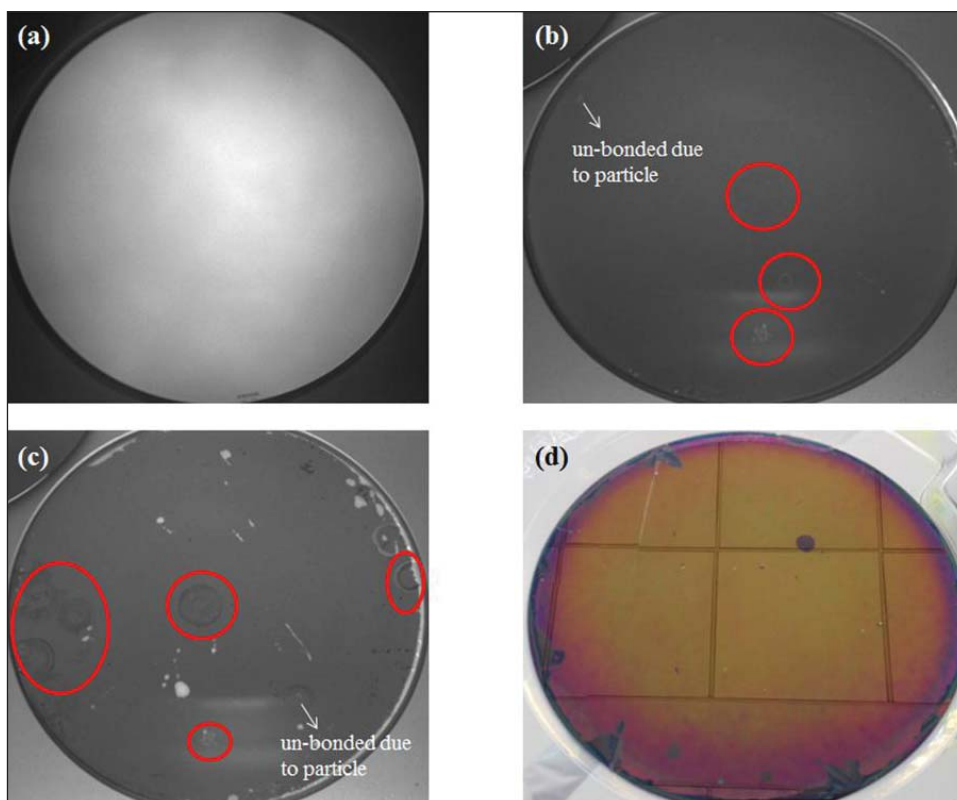


图1: 具有Si-CMOS (SOI上), 高频器件 (例如, III-As/P层上的GaAs HEMT) 和高功率器件 (例如III-N层如氮化镓功率放大器) 的混合集成的示意图。

漂洗, 并旋转。水冲洗使表面填充了OH羟基, 引发键合。然后将晶片放在一起, 在300°C下在氮气中退火三个小时, 以增加键合强度。通过机械研磨和湿法刻蚀除去SOI晶片的硅衬底。BOX层充当刻蚀停止层。硅处理晶片通过刻蚀保护膜得到保护。

除去BOX层并由PECVD SiO<sub>2</sub>和氮化

硅(Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)替代。两个层都是致密的, SiO<sub>2</sub>经受CMP。相同的PECVD层也用在携带的锗和GaAs层的第二施主晶片。键合和施主硅去除工艺类似于SOI晶片的工艺。锗和砷化镓层通过金属有机化学气相沉积 (MOCVD) 生长, 施主衬底[110]面与生长方向具有6°的斜切角。





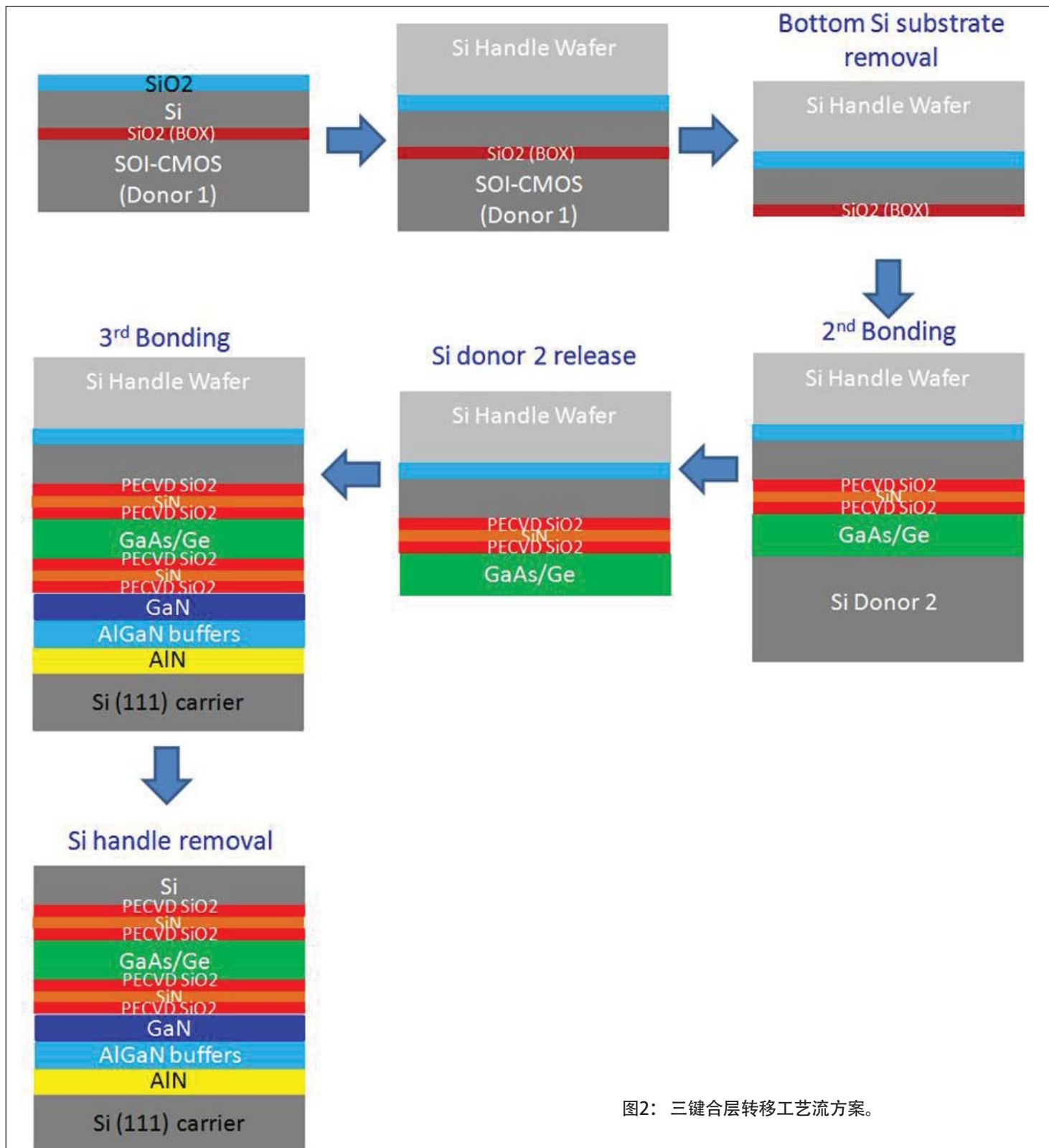


图2：三键合层转移工艺流方案。

最终载体晶片包括(111)硅上GaN, 如之前一样处理晶片上的各层用PECVD SiO<sub>2</sub>和氮化硅层键合到硅上载体晶片上。然后将硅处理晶片使用研磨和湿法刻蚀除去。

键合质量使用红外成像检查, 因为组件的晶片对于这样的波长来说是透明的, 使得缺陷可见(图3)。

第一个键合被认为是“优越”的, 没有观察到空隙或颗粒。第二个键合不是太好, 特别是在邻近边缘处。团队的报道说: “整体键合质量由于键合对之间存在的一些颗粒, 进一步的改进是必需的”。

此外, 在处理晶片背面上发现一些缺陷, 由于施主硅晶片的湿法腐蚀期间, 得不到膜的完全的保护。

GaN/Si晶片的第三个键合有颗粒的存在, 并受到第二个键合的非键合区域始发问题的影响。

透射电镜显示键合中无微孔。研究人员写道, “这表明一个统一和完美的键合在微观层面被成功创建”。

<http://doi.org/10.7567/APEX.9.086501>

作者: Mike Cooke

# 黄绿光铟镓氮量子点激光器

研究人员声称“绿光鸿沟”垂直腔面发射激光器第一次在连续波模式下操作。

**根** 据中国和德国的研究人员，铟镓氮 (InGaN) 量子点 (QD) 垂直腔面发射激光器 (VCSEL) 二极管“首次”在室温下在连续波 (CW) 操作下实现了 560.4nm 波长的黄绿光激光 [Guoen Weng et al, Optics Express, vol24, p15547, 2016]。先前绿光区域的短波长 503nm 的 VCSEL 脉冲操作由日亚公司实现。

截至目前，“绿光鸿沟”中的 CW 激光一直难以实现。基于 InGaN 的器件遭受强电荷极化效应，可导致大的电场，特别是在晶格失配导致的应变层中。这些电场倾向于将电子和空穴分开，从而减少复合发射光子。这通常被称为量子限制斯塔克效应 (QCSE)。量子点是减少 InGaN 中的电荷极化效应的一种方式。

绿光发射需要高铟含量的 InGaN，而后者趋向于遭受辐射效率严重下降之苦。中国的厦门大学，苏州纳米技术与纳米仿生研究所和华东师范大学，与德国柏林工业大学

合作，该研究团队他们自己的器件上量子点强的局域化和 QCSE 可以忽略不计，量子点区域和外部电场之间具有良好的耦合。他们希望这些因素将共同提高辐射效率，因而可以在“绿光鸿沟”区域激光。

该器件的材料使用金属有机化学气相

沉积 (MOCVD) 在 (0001) 蓝宝石上生长。发光有源区包括两层的 InGaN 量子点，在 GaN 势垒矩阵中。有源区中的 GaN 在两个温度步骤中生长：在 670°C 生长的 2nm 和在 850°C 生长的 8nm 用于制作量子点。低温 GaN 用于在随后的 850°C 生长温度下保护  $\text{In}_{0.27}\text{Ga}_{0.73}\text{N}$ 。根据原子力显微镜 (AFM) 的扫描结果，

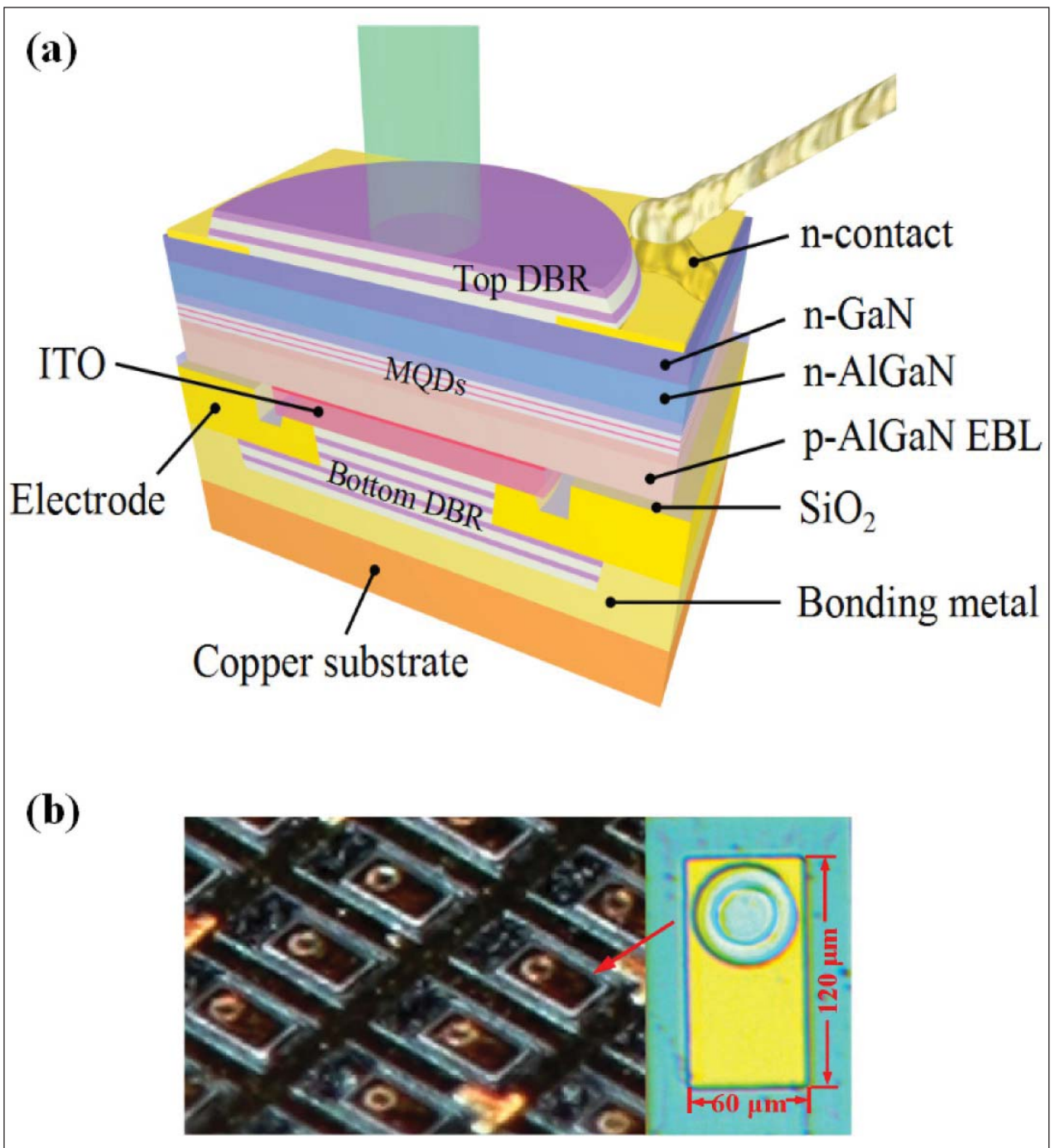


图1. (a) 制作的InGaN量子点VCSEL的横截面示意图。(b) 阵列图片 (左) 和放大的光学显微照片 (右)。

量子点密度约为 $1.5 \times 10^{10}/\text{cm}^2$ 。电子显微镜分析得到的量子点的直径在20nm和60nm之间，平均高度为2.5nm。

器件制作由在生长材料的p型GaN表面上沉积和图形二氧化硅 ( $\text{SiO}_2$ ) 开始进行，以建立一个10微米直径的孔，氧化铟锡 (ITO) 作为p型接触和电流扩展层，孔周围30nm的铬/金用作电极。增加一个二氧化钛( $\text{TiO}_2$ )移相器来将ITO层放在辐射场的一个节点，有源区在一个反节点。 $\text{SiO}_2$  and  $\text{TiO}_2$  的另外的层被用作12.5对分布布拉格反射器 (DBR) 背面镜。

然后将该器件翻转，在通过激光剥离移除蓝宝石衬底之前，金属键合到铜散热器上。使用感应耦合等离子体 (ICP) 刻蚀和化学机械抛光 (CMP) 使n-GaN层减薄。60 $\mu\text{m} \times 120\mu\text{m}$ 的VCSEL的制作 (图1) 由一个n型接触和11.5对 $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$  DBR完成。

蓝宝石上的器件材料的室温下光致发光分析给出了在524nm波长周围的半峰宽 (FWHM) 50nm的发光光谱。峰的宽度较大可能是由于QD的大小和组分的变化。在5K下的低温光致发光，激发功率增加没有发现明显的蓝移，说明QCSE弱到可以忽略不计。

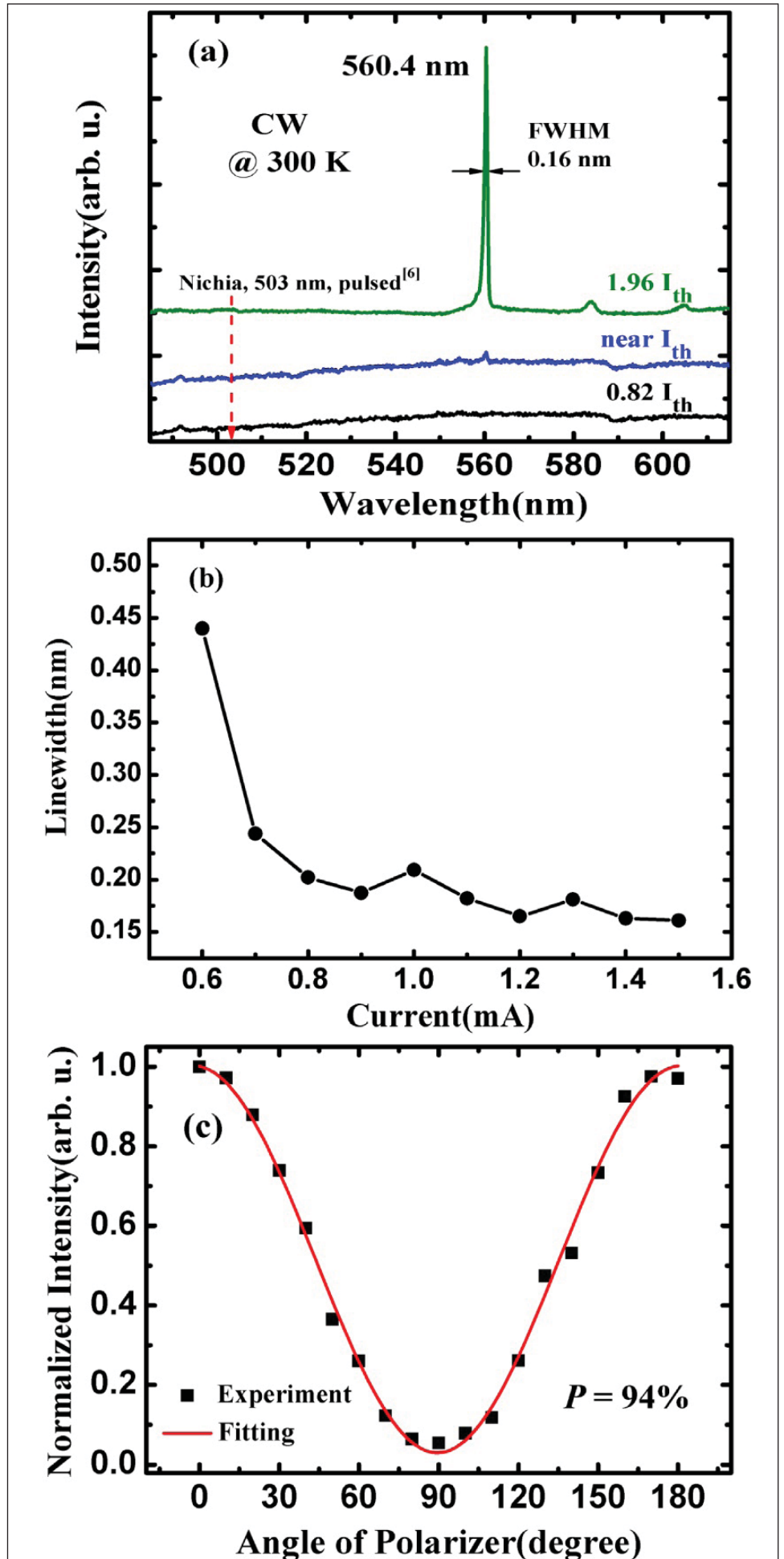
阈值电流和电压分别为0.61mA (0.78kA/cm<sup>2</sup>) 和6.7V。研究者评价道：“这样的低阈值是由于DBR镜的高反射，强的局域作用，InGaN量子点微不足道的QCSE，以及量子点区域和激光模电场之间的良好耦合”。该团队认为由于“两种铟含量引起的折射率不均匀分布，和量子点对载流子捕获比周围材料更高效”引起的成丝效应也可能发挥了作用。

测得的半峰宽为0.16nm，这是由于受到了测试设备分辨率 (图2) 的限制。激光模之间具有24nm的分离表明具有2.6 $\mu\text{m}$ 的腔长度。1.96x阈值电流处的极化是94%，正交极化一个30dB的抑制。

<http://dx.doi.org/10.1364/OE.24.015546>

作者: Mike Cooke

图2. (a) 在300K测得的不同注入电流下的激光发射光谱。(b) 激光发射线宽与注入电流的关系。(c) 在1.96x阈值 ( $I_{th}$ ) 注入电流下的激光发射的偏振特性。



# 钠通量技术制作自支撑的氮化镓衬底

研究人员开发了液相外延法既生长GaN又高温溶解蓝宝石，避免裂纹。

日本大阪大学开发出了一种液相外延工艺 (LPE)，用于在钠(Na)流体中生长氮化镓(GaN)，加入了少量的碳(C)，也加入锂(Li)和镓，也可用于溶解蓝宝石(氧化铝,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ )，留下自支撑的GaN [Takumi Yamada et al, Appl. Phys. Express, vol9, p071002, 2016]。

蓝宝石衬底没有溶解时，Ga-Na-C的生长工艺导致裂纹，研究人员将其归因于GaN和蓝宝石的热膨胀系数的失配在冷却过程中产生的应力。相比之下，为了避免氮化镓开裂蓝宝石衬底在冷却之前就应该除去。

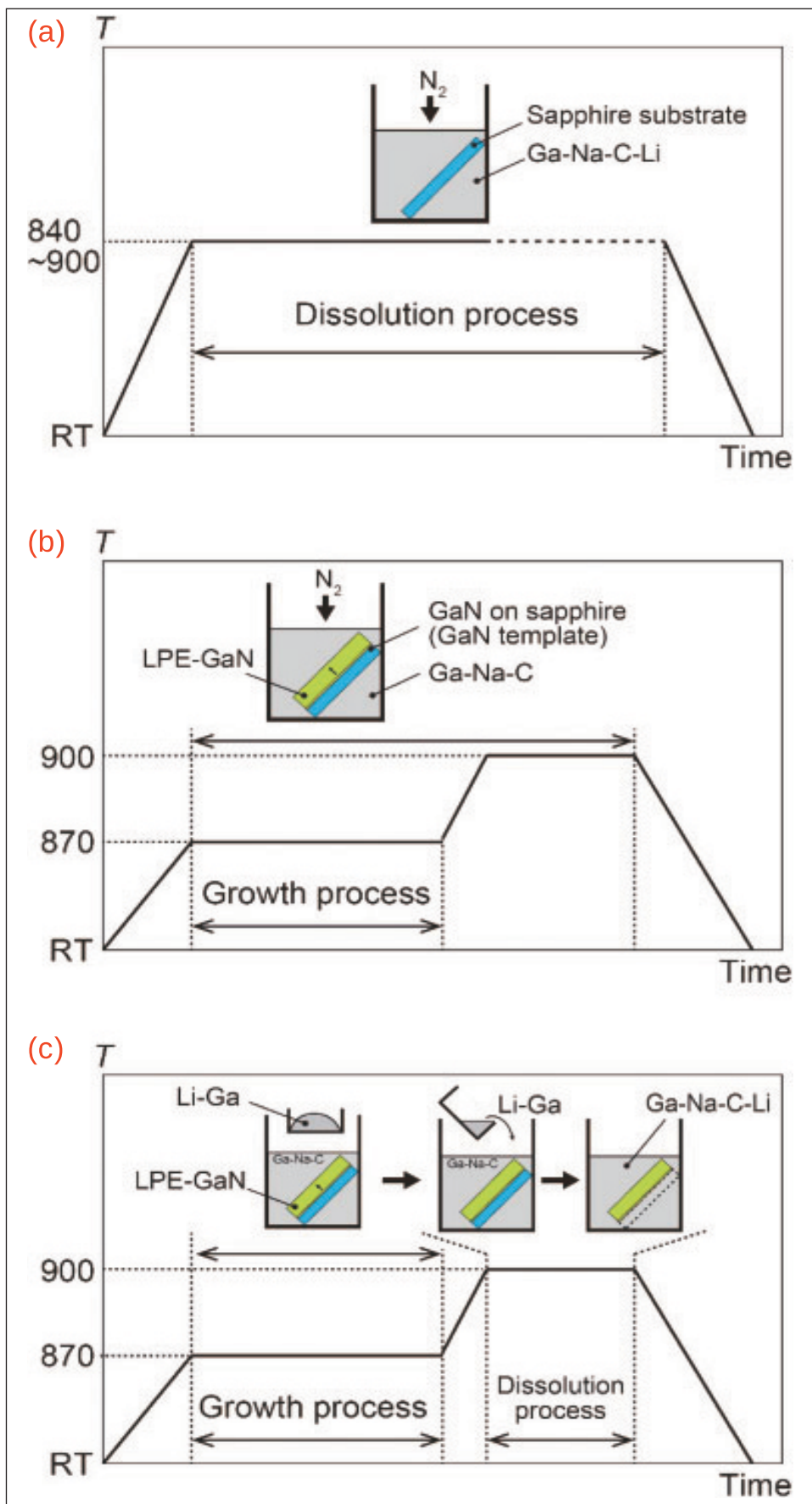
自支撑GaN衬底通常比留在生长衬底上的材料具有更高的质量，具有 $\sim 10^6/\text{cm}^2$ 的低得多的位错密度，相比之下后者具有 $\sim 10^8/\text{cm}^2$ 的位错密度。较低的位错密度提高了激光二极管，发光二极管，和高功率高频电子器件的性能，这些器件利用了GaN较高的临界电场，更高的电子迁移率和更高的导热率的特性。

通过c面蓝宝石模板上的5微米的GaN“种子”进行液相外延，种子层由氮化物气相外延(HVPE)生长-见图1。液体源包括20%的镓，80%的Na和0.05%的石墨。生长在870°C下进行72至200小时，导入4.0MPa的氮气。蓝宝石溶解之前，将温度升高至900°C持续24小时。然后Li和更多的镓加入到坩埚中。额外的Ga用来抑制Li的蒸发。Li和Ga的量为4-5mol%。24小时后，溶解除去衬底。溶解过程被优化，以避免GaN多晶的形成，多晶可以沉积在生长的GaN上，降低其结晶度。

蓝宝石溶解后，对留在坩埚的残渣进行的X-射线分析表明氧化铝与锂反应形成Al,  $\text{Li}_2\text{O}$ , 铝酸锂,  $\text{Li}_5\text{AlO}_4$ 和 $\text{Li}_9\text{Al}_4$ ，这与其他人所报道的符合。

样品(1)是具有1.9毫米厚GaN层的蓝

图1. 生长温度的图示和工艺说明：(a)蓝宝石溶解度的研究，(b)典型的LPE，以及(c) LPE之后溶解蓝宝石衬底。



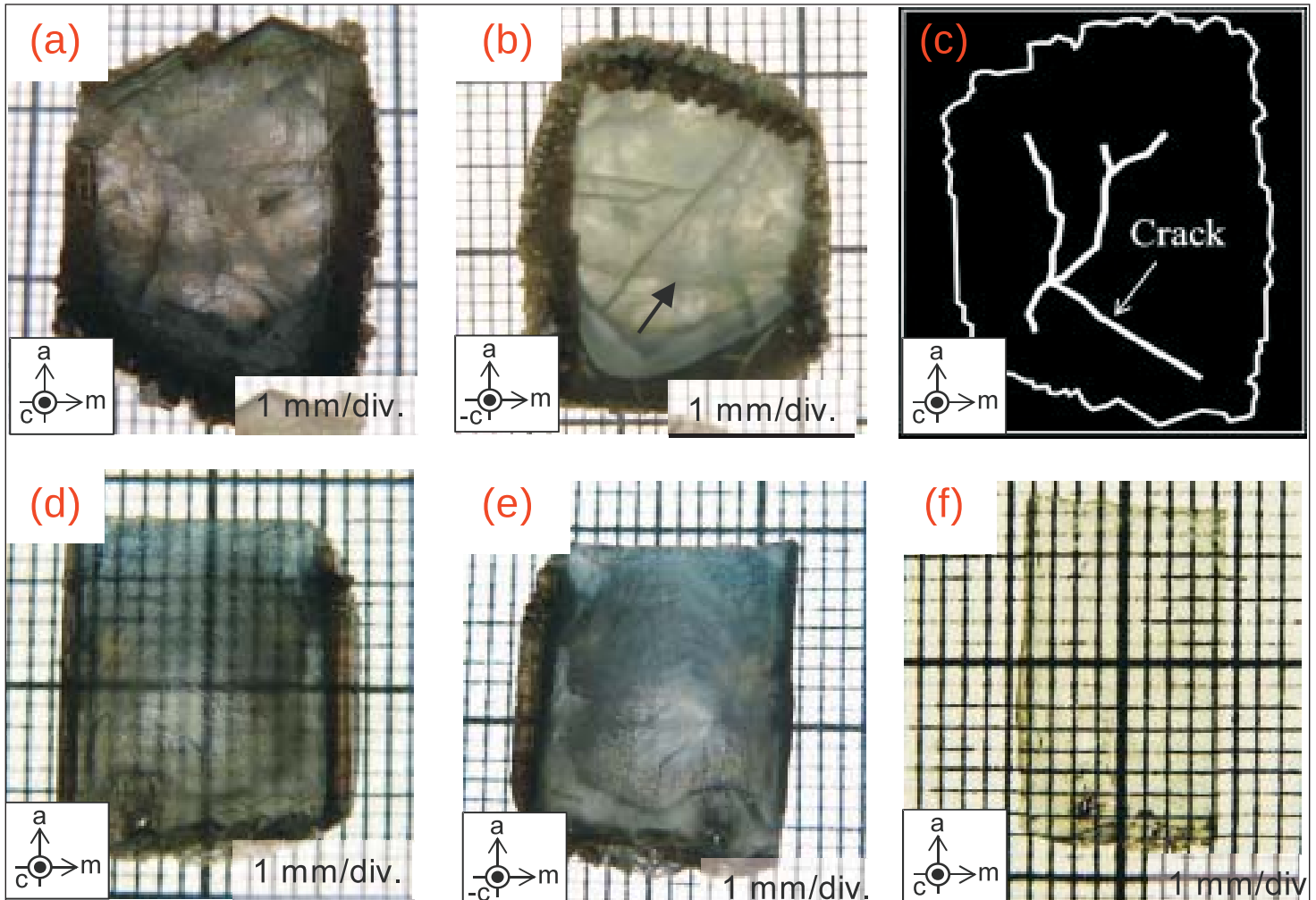


图2. 蓝宝石没有溶解，生长在c-GaN模板的GaN晶体（样品1）的(a) c-面和(b)背面侧的表面透射光学图像。黑色箭头表示蓝宝石衬底。(c) 生长的c-面表面的示意图。生长在c-GaN模板GaN晶体然后蓝宝石溶解（样品2）的(d) c-面和(e) 背面侧表面的透射光学图像。(f) 化学机械抛光后的样品2的光学图像。

宝石衬底。对于样品 (2)，蓝宝石衬底由Ga-Na-C-Li溶液除去，厚度为1.0毫米。两个样品的位错密度大约为 $10^6/\text{cm}^2$ 。X射线分析表明样品(2)的002摇摆曲线的半峰宽(FWHM)较小：样品(2)的为50arcsec，而样品(1)的为100 arcsec。样品1晶体质量

的降低可能是由于裂纹产生的轻微的取向差。

研究人员还认为，蓝宝石溶解技术可以在多点种子GaN衬底上的Na助熔剂生长中用于避免裂纹。这种外延，由于GaN和蓝宝石衬底之间大的接触界面，容易形成裂纹。

研究人员写道：“在未来，我们将结合Na通量横向生长和蓝宝石溶解技术制造极低错密度，低弧度，以及大直径的GaN衬底，并具有高良率。”

<http://doi.org/10.7567/APEX.9.071002>

作者：Mike Cooke

# REGISTER

for *Semiconductor Today*

free at

[www.semiconductor-today.com](http://www.semiconductor-today.com)

# 单片能带工程设计的半极性白光发光二极管

掺杂分布用于红移光学泵浦的长波长量子阱。

**美**国加州大学圣巴巴拉分校 (UCSB) 开发出了单片白光发光二极管 (LED), 由电泵浦产生蓝光, 然后光泵浦从蓝光光源产生绿光/‘红光’ [S. J. Kowsz et al, J. Appl. Phys., vol120, p033102, 2016]。另外, 该器件的偏振特性可能对于用作更有效的液晶显示器 (LCD) 的背光照明是有用的。

一般情况下, 白光LED包含一个电泵浦的蓝光或紫外光, 能够光泵浦宽频带黄色荧光粉。UCSB的半极性器件增加了绿光和“红光”铟镓氮 (InGaN) 量子阱到蓝光LED。相对小的增加铟含量来缩小带隙, 该器件中的“红光”部分使用掺杂分布型能带设计来转换到较长的波长。

使用长波长发射的光泵浦, 较低的材料质量造成高铟含量的InGaN, 该器件避免了电传输的问题。另外, 在光泵浦的量子阱(QW)中的载流子密度较低, 这降低了非辐射效率, 削弱了俄歇类的复合。此外, 低载流子密度器件较低的能带工程的红移效应, 将减少在蓝光方向上的波长。

蓝光LED部分由金属有机化学气相沉积 (MOCVD) 在三菱化学的一个7.5mmx7.5mm的体GaN衬底的(20-2-1)面上生长(图1)。研究者评价道:“以前的工作已经证明, 具有高功率, 低电效率骤降和小波长偏移蓝光LED可在该平面上生长。”

光学泵浦材料生长在衬底的(20-2-1)面。在高温蓝光LED工艺之后生长这种材料, 研究人员避免较长波长发光所需要的较高铟含量的InGaN的退化。另外, 高铟含量的InGaN生长在(20-2-1)上, 堆垛层错相对于(20-2-1)沉积比较少。(20-2-1)/(20-2-1)面还允许器件产生偏振光。

光泵浦高In-含量InGaN的(20-2-1)生长的另一个优点是, 掺杂分布可以

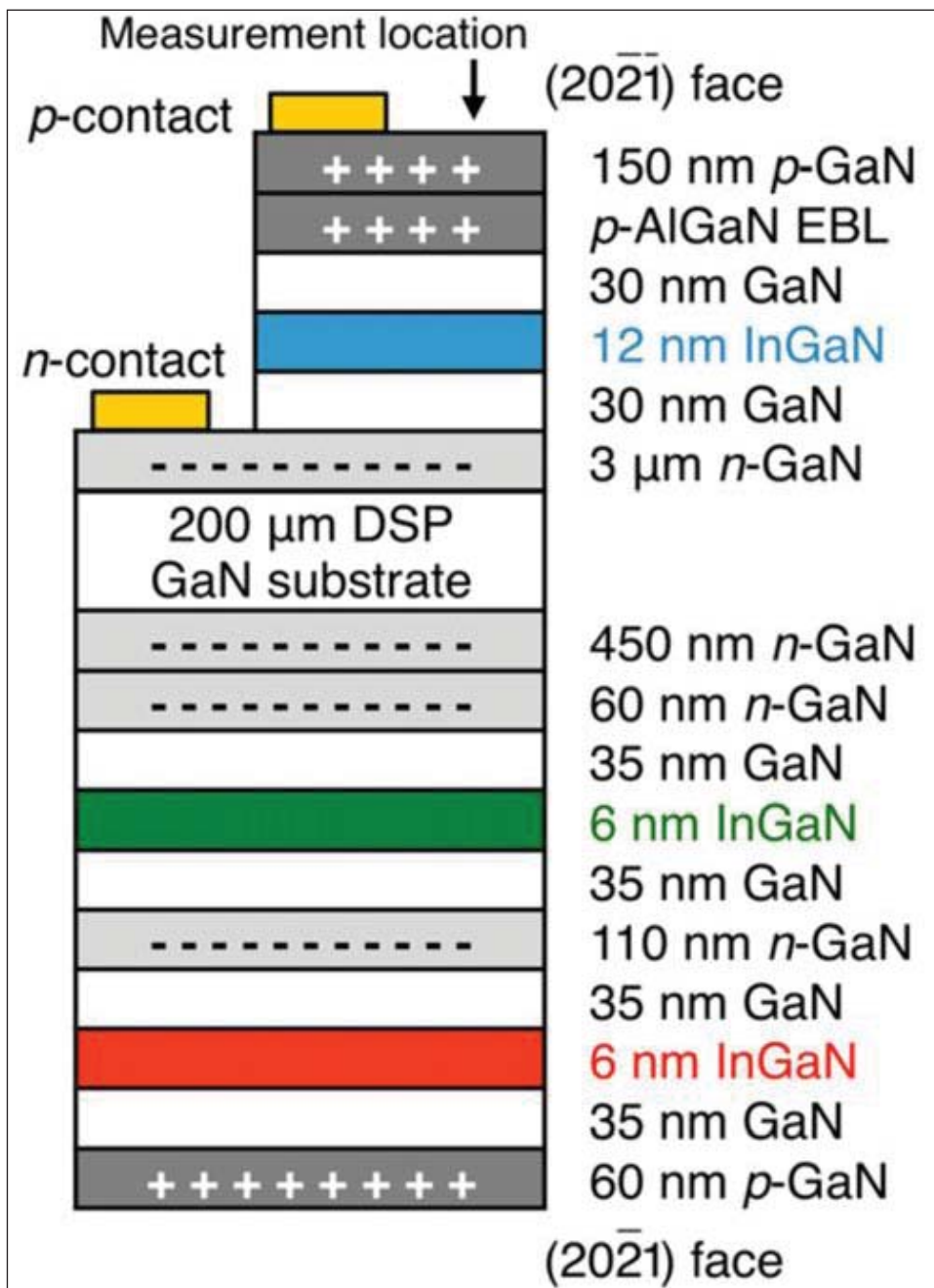


图1. UCSB的白光发光半极性器件的外延结构的横截面示意图。

用来创建一个内置电场, 增强极化诱导电场, 红移光致发光。特别是, p-GaN必须最后生长以允许受主热活化, 将镁掺杂形成的镁-氢配合物中的氢驱出。

红移意味着铟含量并不需要对应给定的波长那么高。相比于更短波长的n-i-n型光泵浦量子阱, 较高铟含量最终的p-i-n量子阱在10°C低的温度下生长。

LED的电接触为具有圆形钯/银/镍/金180 μm半径的p型接触, 并且向下到n-GaN层用于焊接铟n型接触。

研究人员分别模拟了In<sub>0.27</sub>Ga<sub>0.73</sub>N和In<sub>0.29</sub>Ga<sub>0.71</sub>N作为短波长和长波长的光泵浦量子阱。研究团队认为:“不同的量子阱中铟含量的变化对应于实验样品中生长的光泵量子阱所使用的不同的生长温度”。

模拟表明相比于短波长QW, 长波长QW从内建和偏振极化电场的红移为76nm。能带工程/掺杂成分模拟中占了57nm的位移, 具有较高的镓含量占了其余的19nm。

器件发射的光谱特性会根据数据收集位置的变化而变化。距离p型接触中心 $680\mu\text{m}$ 处,  $10\text{A}/\text{cm}^2$ 注射的LED, 发射光包括~450nm的蓝光峰, 从短波长QW光泵浦产生的~520nm处的绿光峰, 和一个从长波长QW来的~590nm的‘红光’峰(一个70nm的红移)。虽然该器件由研究人员标榜为RGB(红绿蓝)器件, 590nm更严格地说是在590-620nm的橙光范围。各组分的平衡随位置改变, 接近p型接触处, 较长的波长变得更显著。

研究人员将色彩的显色性与通常用于创建“白”光的比较常见的蓝黄(BY)器件进行了比较。“通过产生在整个可见光谱更广泛地分布的光, RGB器件能够比BY器件更忠实地呈现颜色, 这对于普通照明来说是非常重要的。在用在背光显示器上该RGB器件也将比BY器件具有更高能效。产生红光, 绿光和蓝光的发光峰将与白光光谱相符, 为了发射白光光谱通常要设计显示滤波片透射光谱, 透射红光, 绿光和蓝光。从而该研究的器件将导致被过滤器吸收的光会比较少。

该发光具有1931年国际照明委员会(CIE)的x, y坐标为(0.33, 0.35),

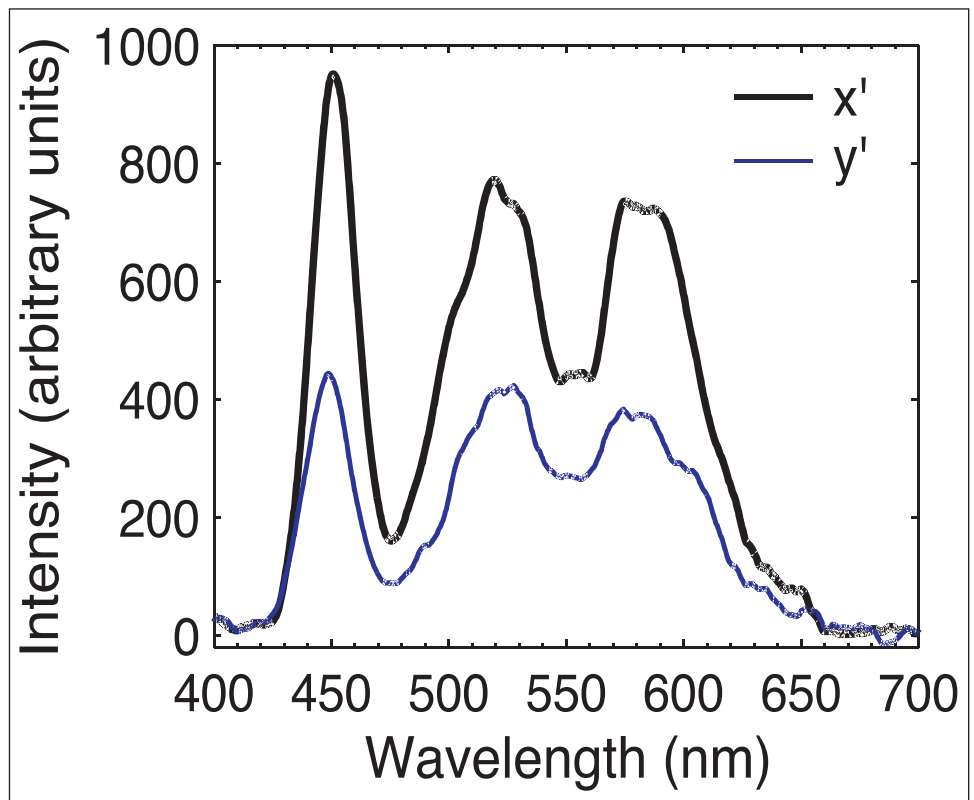


图2. 偏振器沿x'方向和y'方向对准的电致发光光谱。

相关色温 (CCT) 为5604K, 显色指数 (CRI) 为70。光学偏振比的积分强度为0.3, 偏振矢量沿着[1-210] (X') 和[10-1-4] (y') 的方向(图2)。

发现偏振比率依赖于测量位置, 就像光谱特性一样。研究人员期望提高偏振比可改善颜色均匀性以及提高提取效率。具体来说, 较长的波长的相对强度必须是这种研究工作的一个重点。

该研究团队看到了开发生长条件的

需要, 以增加光泵浦阱的数量, 辐射效率和吸收。研究者评论道: “改进的材料质量, 以及较大的电子和空穴波函数的重叠将会带来更好的光泵量子阱的性能。特别是, 由于能带工程使得可以能够使用较低镓含量的InGaN或更薄量子阱, 来实现所需的发射波长, 正在进行的工作正在研究能带工程以带来更大的设计空间”。

<http://dx.doi.org/10.1063/1.4955333>  
作者:Mike Cooke

**REGISTER**  
for *Semiconductor Today*  
free at  
[www.semiconductor-today.com](http://www.semiconductor-today.com)

# 具有氧化锌中间层的氮化镓的全晶片的化学剥离

该技术能够带来更好质量的材料，昂贵的生长衬底可回收因而成本会更低。

**英**国，法国，澳大利亚和美国的研究人员已经开发出一种化学外延剥离技术 (ELO)，用于在蓝宝石和自支撑衬底上生长的2英寸直径氮化镓 (GaN) 全晶片的剥离 [Akhil Rajan et al, J. Phys. D: Appl. Phys., vol49, p315105, 2016]。该方法使用了氧化锌 (ZnO) 牺牲层。研究人员希望ELO技术会带来更好质量的材料，并且因此发光二极管和其他的GaN应用具有更高的效率。

来自英国的赫瑞瓦特大学，法国的Nanovation公司，澳大利亚悉尼科技大学，法国的佐治亚理工/国家科学研究院，法国的佐治亚理工/GT-Lorraine (美国佐治亚理工大学与法国的合作研究机构-译者注)，美国西北大学，英国诺丁汉大学，法国的电气和电子工程研究所，以及法国的凡尔赛圣康坦大学的研究团队评论道：“剥离的GaN的高光学质量

表明ELO在未来可以提供的可能性，将GaN器件的完整晶片从昂贵的GaN衬底转移到替代衬底上，然后回收/再循环昂贵的GaN衬底以供将来使用”。

研究人员补充道：“此外，我们较厚的GaN层的激光剥离的经验表明，它们能够自支撑。下一步是由此设想做较厚层的ELO，以测试是否能够避免使用键合到支撑衬底上的步骤”。

140nm的GaN外延剥离 (ELO) 层生长在2英寸直径的氧化锌上，衬底是自支撑的GaN和c-面 $Al_2O_3$ 蓝宝石衬底。ZnO层厚度在氮化镓衬底上的为260nm，在c-面氧化铝上的为160nm。GaN衬底来自于Lumilog公司，使用氢化物气相外延 (HVPE) 生长自支撑的晶片。Lumilog晶片的穿透位错密度低于 $5 \times 10^6/cm^2$ 。蓝宝石上GaN的异质外延穿透位错密度典型的值至少为 $10^7/cm^2$ ，范围通

常在 $10^8/cm^2-10^9/cm^2$ 。

ZnO层在氧气气氛中用锌的脉冲激光沉积生长。GaN外延层是用低压，低温金属有机气相外延 (MOVPE) 法生长。设计低的压力和温度是为了防止氮化镓MOVPE方法用在这类材料上通常发生的氧化锌的解离。GaN的氮前驱体在氮气载气中加入的二甲基肼 ( $C_2H_8N_2$ ) 中进行氮化。二甲基肼用于提高氮的浓度。

ELO使用具有Apiezon W蜡的玻璃衬底提供刚度以避免应变释放时产生的开裂，卷曲，或破裂 (图1)。使用盐酸以溶解ZnO牺牲层以产生剥离。在边缘附近，ZnO腐蚀速率高于每小时1mm，但在中心处速度放慢至0.5mm每小时。

根据研究人员，X射线分析表明，生长在自支撑的GaN衬底上的GaN“相对于生长在氧化锌/蓝宝石典型的GaN层结晶分散显著减少”。

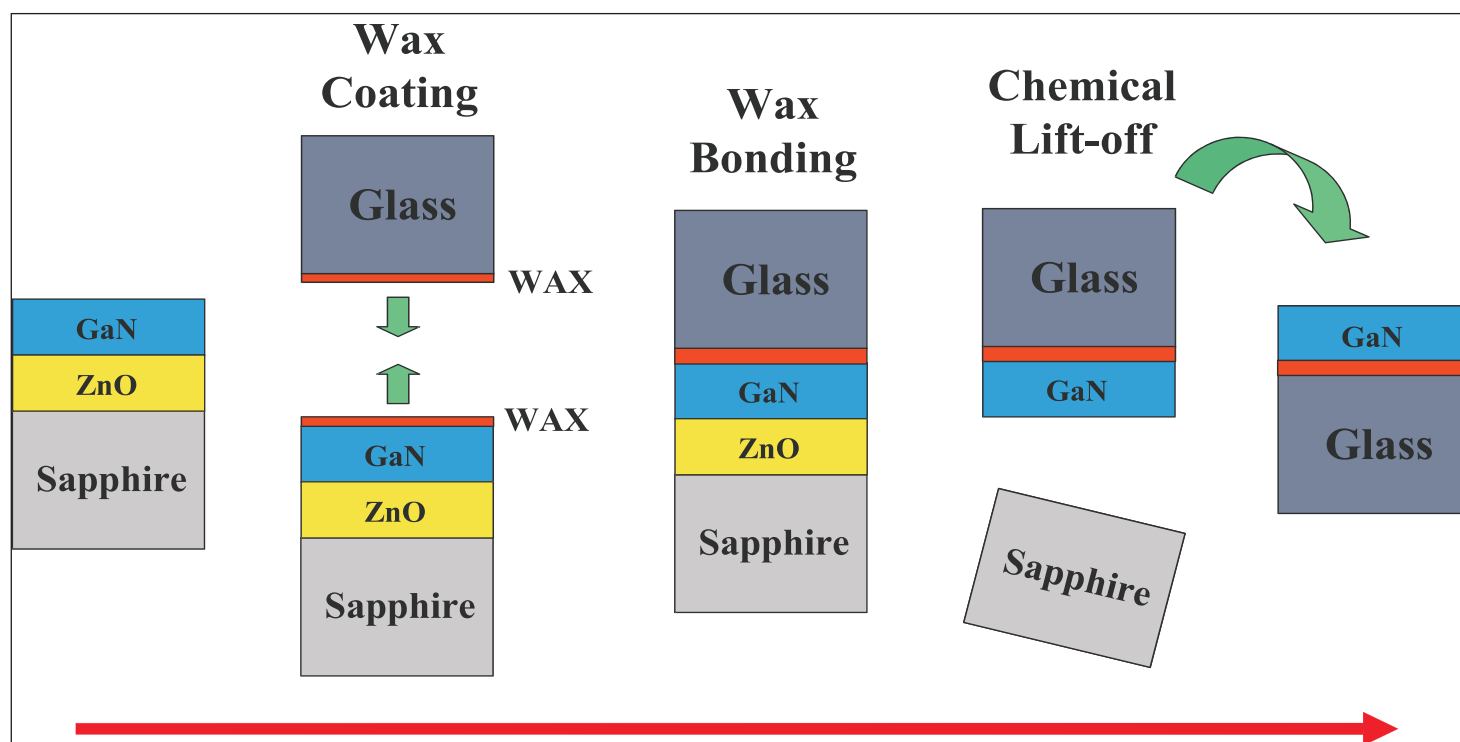


图1. 大面积化学剥离处理工艺流程。



研究人员报道：“剥离后，衬底和GaN层都呈镜状表面，尽管在剥离的GaN层上有一些裂纹，发生在GaN层没有粘合到涂蜡的玻璃衬底上的区域”。

ELO氮化镓的X射线分析，结果是与其生长在c-面氧化铝上的相比，生长在自支撑GaN上的材料具有更宽的峰。研究人员评论道：“这没有预料到，因为生长在GaN上的层的晶粒尺寸较大，并且膜厚度的影响可以忽略不计，因为这些层具有大致相同的厚度”。剥离后为何峰变宽了，原因还不太清楚。一种可能性是蜡到玻璃的粘合不完美而使GaN发生了卷曲。

然而，在8.5K下的阴极发光（电子束激发）研究表明，自支撑GaN衬底上的ELO氮化镓具有近带边峰，对应于施主束缚激子（DX），并且两个零声子和单声子施主-受主对（DAP和DAP-LO）分别在3.33eV, 3.25eV和3.16eV处跃迁（图2）。研究者认为：“这种样品同时存在激子发射和一个声子复制峰，表明GaN衬底上生长比在蓝宝石衬底上生长会产生更高质量的GaN膜”。

生长在c-面氧化铝上的材料具有宽的蓝光（~2.9eV）和黄光（~2.15eV）线，没有近带边发射。论文认为蓝光线是来自于GaN晶格中的锌替换杂质，Zn杂质的量低于能量色散X射线光谱仪1000ppm检测限的水平，其中没有发现任何可检测到的锌成分。黄光线可能是由于碳杂质。表面附近锌水平更高，在这里氧化锌/GaN的界面是ELO之前的原始生长的位置。

<http://dx.doi.org/10.1063/1.4955333>  
作者:Mike Cooke。

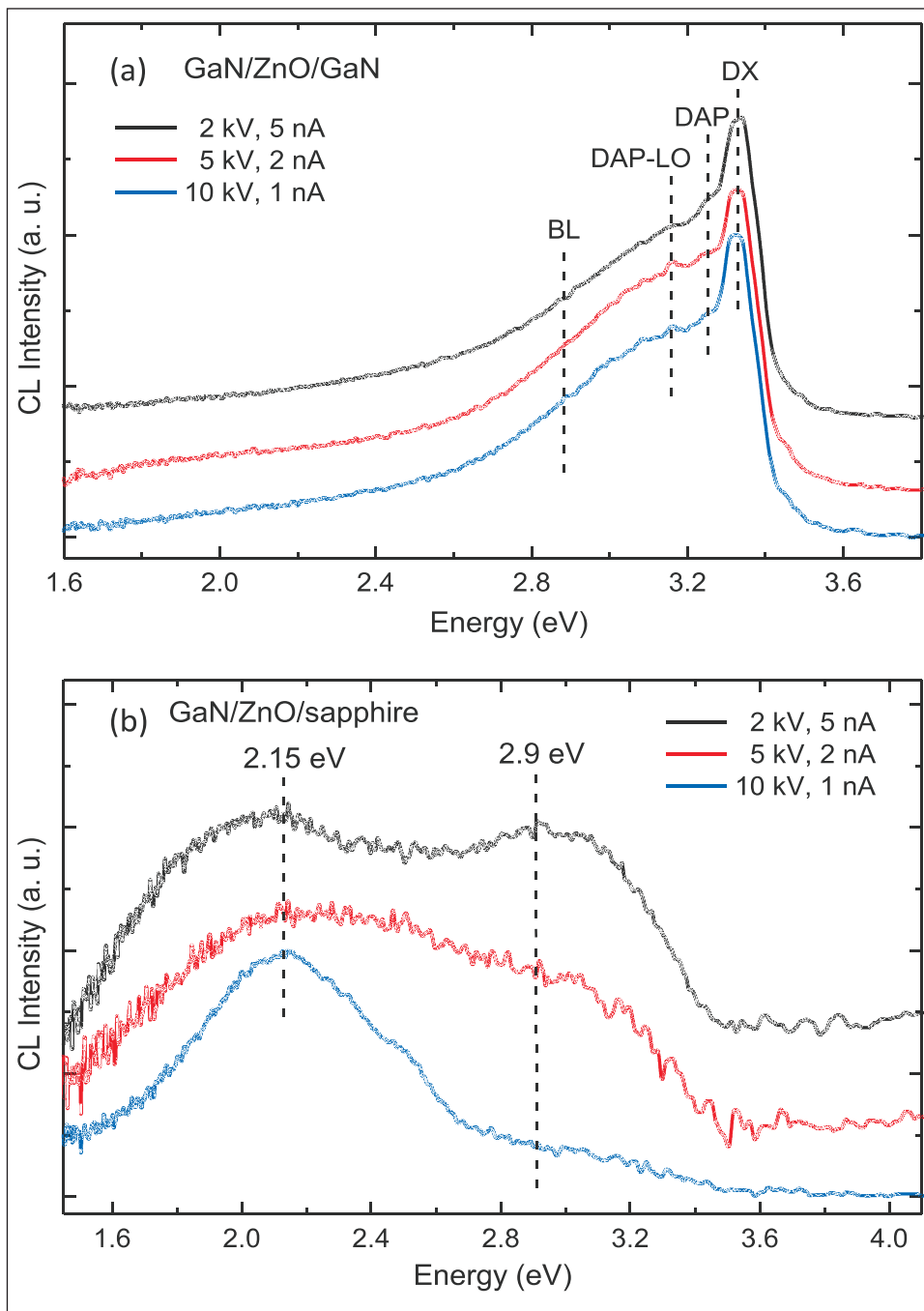


图2. 剥离后的GaN在85K下的深度分辨阴极发光光谱: (a) 从GaN剥离, (b) 从c-面蓝宝石衬底剥离, 随后键合到玻璃上。为清楚起见光谱垂直分开。

# REGISTER

for *Semiconductor Today*

free at

[www.semiconductor-today.com](http://www.semiconductor-today.com)

# semiconductor**TODAY**

COMPOUNDS & ADVANCED SILICON



Choose *Semiconductor Today* for . . .

## MAGAZINE



Accurate and timely coverage of the compound semiconductor and advanced silicon industries

Targeted 41,000+ international circulation

Published 10 times a year and delivered by e-mail and RSS feeds

## WEB SITE



Average of over 19,700 unique visitors to the site each month

Daily news updates and regular feature articles

Google-listed news source

## E-BRIEF



Weekly round-up of key business and technical news

E-mail delivery to entire circulation

Banner and text marketing opportunities available

[www.semiconductor-today.com](http://www.semiconductor-today.com)



Join our LinkedIn group: **Semiconductor Today**



Follow us on Twitter: **Semiconductor\_T**