



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

# 市场领先的 晶圆级光学器件制造设备



- 纳米压印光刻、透镜成型/堆叠、晶圆键合及测量。
- 高性能设备与EVG 纳米压印光子技术中心相结合，确保短时间投入市场。
- 可实现3D /深度传感器、生物识别身份验证及 AR / VR显示器。

请和我们联系，我们关注你们的需求！

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



EVG® HERCULES® NIL

# 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

2019/2020 第 8 卷第 4 期

www.semiconductor-today.com



## NREL 展示了利用 HVPE 实现 AlInP 和 AlGaInP 的首次生长

3D 成像和传感市场以 20% 的复合年增长率增长, 2025 年达到 150 亿美元 • 意法半导体和台积电合作加速 GaN 基产品的市场采用 • STAr 收购 Accel-RF Vixar 推出用于 3D 感测的多结 VCSEL 技术 • 镓氮发光二极管的热骤降



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

# 市场领先的 晶圆级光学器件制造设备



- 纳米压印光刻、透镜成型/堆叠、晶圆键合及测量。
- 高性能设备与EVG 纳米压印光子技术中心相结合，确保短时间投入市场。
- 可实现3D /深度传感器、生物识别身份验证及 AR / VR显示器。

请和我们联系，我们关注你们的需求！

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



EVG® HERCULES® NIL

## 新闻 News

### 市场 Markets

3D 成像和传感市场以 20% 的复合年增长率增长，2025 年达到 150 亿美元。

手机中的后部 3D 传感将成为领先的应用

### 宽能隙电子产品 Wide-bandgap electronics

意法半导体和台积电合作加速 GaN 基产品的市场采

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

STAr 收购 AccelRF 以扩大可靠性测试的范围。STAr 从 DC-AC 扩展到 RF，可满足

5G, LiDAR, 光子学和雷达应用的需要

### LEDs LED News

光学学会将 2020 年 NickHolonyak Jr 奖授予 KeiMayLau

### 光电子 Optoelectronics

Plessey 与 Axus 合作处理 GaN-on-Si 单片微型 LED 显示器。CMP 和洗涤系统可实现晶

圆平坦化和晶圆级键合的准备 • Vixar 推出用于 3D 感测的多结 VCSEL 技术

## 技术聚焦：光伏

NREL 展示了利用 HVPE 实现 AlInP 和 AlGaInP 的首次生长。在 D-HVPE 中添加铝

可以使所制作的太阳能电池与成本更高的 MOVPE 制成的太阳能电池具有同等

的效率。

## 技术聚焦：光电探测器

薄的硅上锗虚拟衬底上的砷化镓光电探测器。研究人员希望该技术可以扩展到

可见光和近红外波段的其他 III-V 族高性能光电系统

## 技术聚焦：可见光通信

基于铟镓氮  $\mu$ LED 实现光电探测器阵列。研究人员实现了 2 个发射器，

2 个接收器的可见光通信设置，数据速率高达 175MHz。

## 技术聚焦：LED 制造

铟镓氮发光二极管的热骤降。研究人员认为，高温下的功率损耗主要是由传输

效应引起的。

## 技术聚焦：GaN HEMT 器件

富士通生长金刚石薄膜以提高 GaN HEMT 的散热效率。新设计将热量产生减少

了 40%，从而实现了较小的雷达系统。

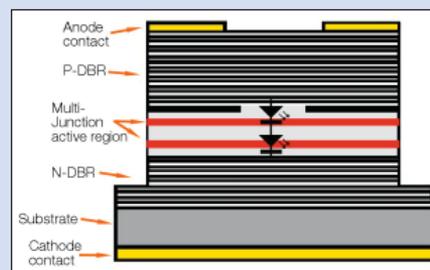
## semiconductor TODAY

ASIA

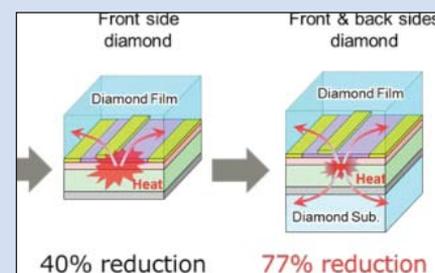
2019/2020 第 8 卷第 4 期



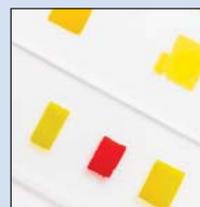
第 10 页：总部位于英国的 Plessey 公司展示了所开发的用于增强现实和混合现实 (AR/MR) 显示应用的嵌入式微型 LED 技术。与位于美国亚利桑那州 Chandler 的 Axus Technology 公司一起将高性能氮化镓 (GaN) 硅单片微米 LED 技术推向大众市场。



第 10 页：位于美国明尼苏达州普利茅斯的 Vixar 公司推出了多结垂直腔表面发射激光器 (VCSEL) 技术，在 940nm 处的功率转换效率为 60%。



第 21 页：富士通有限公司和富士通实验室有限公司报告了被认为是在氮化镓 (GaN) 高电子迁移率晶体管 (HEMT) 表面上生长具有高效散热性能的金金刚石膜生长的首项技术。



使用 HVPE 生长的 III-V 太阳能电池样品，显示为在去除与玻璃手柄衬底键合的 GaAs 衬底以进行透射测量的  $Al_x(Ga_{1-x})_0.5In_{0.5}P$  薄膜。颜色的差异是由于 Al 和 Ga 的成分不同所引起的。具体而言，黄色样品为 AlInP (无 Ga)，橙色样品为 AlGaInP。NREL 的 Dennis Schroeder 拍摄。第 12 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

© 2020 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

# 3D成像和传感市场以20%的复合年增长率增长, 2025年达到150亿美元

## 手机中的后部3D传感将成为领先的应用

市场研究和策略咨询公司 Yole Développement 在其年度技术和市场分析《3D成像和传感》中预测, 全球3D成像和传感市场的复合年增长率 (CAGR) 从2019年的50亿美元增长到2025年的150亿美元, 增长率为20%。

随着2017年9月iPhone X的推出, Apple为消费者领域的3D感测技术和应用设定了标准。两年后, Android手机制造商采取了另一种方法, 即使用飞行时间 (ToF) 摄像头 (而非结构化照明), 并将其放置在手机后面。

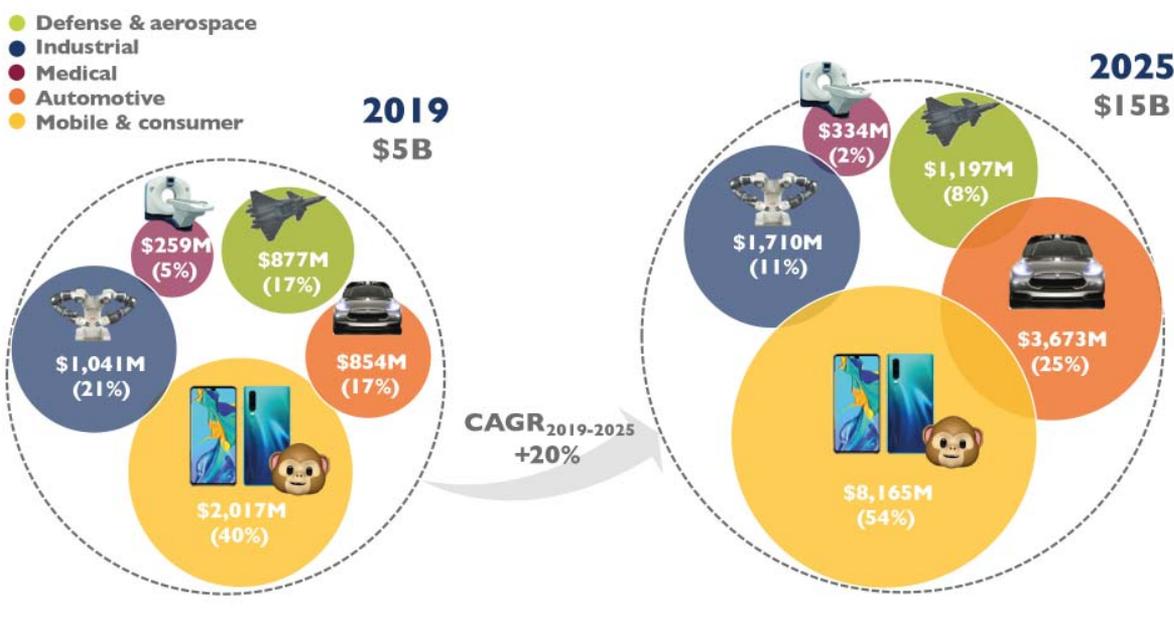
位于中国深圳的Yole光子学, 传感与显示部门的技术与市场分析师 Richard Liu表示: “与结构光相比, ToF模块仅需要垂直腔表面发射激光器 (VCSEL) 和发射器上的漫反射器, 这种情况就不那么复杂了。他指出: “由于采用了背照式 (BSI) 技术, ToF传感器现在有了很大的改进。在成熟的生态系统中, 他们还获得了成本优势。这就是ToF赢得Android手机制造商青睐的主要原因。”

毫无疑问, 3D感测的主要趋势是从手机正面到背面的采用以及ToF相机的大量采用。根据Yole的报告, 后附件将超过前附件, 到2025年普及率将达到42%。

手机中的3D后传感有望在应用中实现多样化。

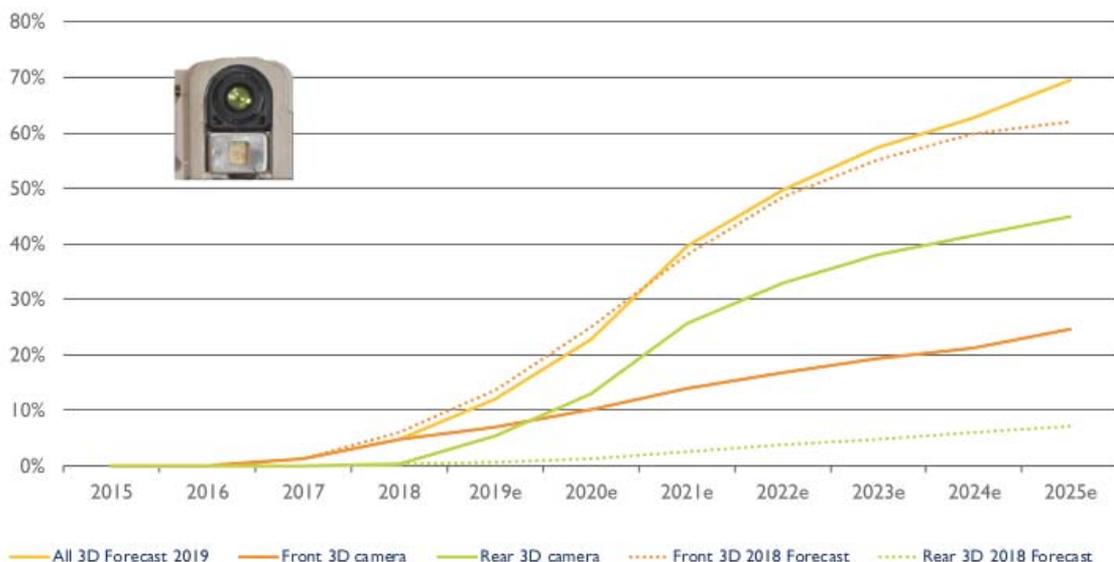
### 3D sensing and imaging 2019-2025 market forecast (in \$M)

(Source: 3D Imaging & Sensing 2020 report, Yole Développement, 2020)



### 2015-2025 penetration scenario of 3D cameras in smartphones (in %)

(Source: 3D Imaging and Sensing report, Yole Développement, 2020)



# 3D sensing and imaging Main players' latest supply chain

(Source: 3D Imaging & Sensing 2020 report, Yole Développement, 2020)



首先用于摄影，以增强“散景”（模糊效果）和缩放功能，它将扩展到增强现实（AR）和游戏中。除智能手机外，ToF摄像头模块还拥有广阔的应用市场，包括智能驾驶，机器人，智能家居，智能电视，智能安全和虚拟现实（VR）/AR。目前，ToF传感技术在这些领域的应用仍处于起步阶段。

3D传感市场的重要性意味着从成像到传感的过渡正在发生。以人工智能（AI）为动力的设备和机器人正在对周围的环境有更好的了解，并发展了与人类互动的水平。用于ADAS（高级驾驶员辅助系统）的立体相机代表了3D成像和传感技术的令人高度期待的应用。

Liu表示：“此应用中最重要组件，即光检测和测距（LiDAR），现在已被众多供应商关注。有多种LiDAR技术可供选择，这使该领域具有很高的竞争力。”

除了物流业中的汽车ADAS和工业AGV（自动引导车）以外，商业领域的人脸识别和人脸支付也非常成功。这样，3D传感技术正在向大众普及。全球的快门图像传感器，VCSEL，注塑和玻璃光学器件，衍射光学元件（DOE）和半导体封装技术的提供商都将从中受益。

那么，采用ToF对供应链有何影响？Yole

影像部门首席分析师Pierre Cambou指出：“移动3D传感供应链正在迅速变化。随着结构光技术于2017年在iPhone中引入，Lumentum，ams和ST Microelectronics等公司赢得了第一轮比赛。后来，普林斯顿光电（ams）和Finisar准备获得VCSEL市场准入，因此市场确实迅速变得更具竞争性”。

2019年，Finisar被II-VI公司收购，为巩固工业业务做出了贡献。在此期间，还有其他几项大型合并，例如Trumpf收购了飞利浦光电（Philips Photonics），ams吞下了欧司朗（Osram）。Trumpf和ams都积极进入Android阵营的3D相机供应链，分别向三星和华为提供VCSEL。

在中国，另一个参与者正在进入3D传感生态系统：用于ToF的泛光发射器的VCSEL输出光束无需编码，因此更易于生产。这帮助中国供应商Verilite进入了市场。该公司已经在2019年赢得了华为的3D感测订单。在中美贸易战中，中国发展本地供应链的政策也推动了这一举措。

ToF阵列是用于移动后3D感测的关键组件。ToF摄像头技术于2016年首次应用于Phab2 Pro智能手机，该手机使用了Pmd和英飞凌的TOF阵列。在此之前的一年，索尼收购了比利时手势识别公司

SoftKinetic，后者拥有著名的DepthSense ToF传感系统。到2019年ToF摄像头模块问世时，此举使Sony从3D感测接收器芯片的零市场份额上升到45%。凭借强大的技术和供应能力，Sony有望继续在ToF中保持领先地位。但是，由于在CMOS图像传感器（CIS）芯片制造领域一直存在竞争，竞争将会加剧。Pmd最近与合作伙伴Infineon Technologies一起发布了匹配的芯片。Yole的分析师预计，CIS巨头三星和意法半导体将在2020年将他们自己的间接ToF阵列传感器推向市场。

三星已经在其Galaxy Note 10+中采用了ToF技术。Yole的姊妹公司System Plus Consulting在逆向工程和成本报告中，对三星Galaxy Note 10+ 3D飞行深度感应摄像头模块进行了深入分析。

一般来说，一小部分CIS玩家之间的竞争仍然非常激烈。在中期，Yole预计随着汽车LiDAR应用的出现，将有更多的并购（M&A）机会。还有大量竞争激烈的新兴公司。也有一些中国初创公司，例如Hesai Technology，RoboSense和LeiShen Intelligence。基本的半导体产品是相同的：CIS芯片，VCSEL，MEMS，晶圆级光学元件。

[www.i-micronews.com](http://www.i-micronews.com)

# 意法半导体和台积电合作加速GaN基产品的市场采用

位于瑞士日内瓦的意法半导体和台湾半导体制造公司 (TSMC, 世界上最大的晶圆代工厂) 正在合作加速氮化镓 (GaN) 工艺技术的开发以及向市场提供分立和集成GaN器件。通过此次合作, 意法半导体的GaN产品将使用台积电的GaN工艺技术制造。

具体而言, 与基于相同电路拓扑的硅技术相比, 意法半导体基于GaN和GaN IC技术的产品将使ST能够为中大功率应用提供更高的效率解决方案, 包括混合动力和电动汽车的汽车转换器和充电器。意法半导体表示, 它们还将帮助加速消费和商用车电气化的大趋势。

意法半导体汽车与离散事业部总裁马可·蒙蒂 (Marco Monti) 表示: “作为宽能隙半导体技术和要求苛刻的汽车和工业市场的功率半导体领域的领导者, 意法半导体看到了加速GaN工艺技术的开发和交付以及将功率GaN和GaN IC产品推向市场的巨大机会。TSMC是值得信赖的代工合作伙伴, 可以独特地满足ST目标客户具有挑战性的可靠性和路线图演进要求。这项合作是对我们在法国图尔的工厂以及与CEA-Leti开展的有关功率GaN的现有活动的补充。GaN代表了电力和智能电力电子以及工艺技术领域下一个重大创新。”

台积电业务发展副总裁Kevin Zhang博士表示: “我们期待与意法半导体合作, 并将GaN功率电子技术的应用带到工业和汽车电源转换中。TSMC领先的GaN制造专业技术, 再加上意法半导体的产品设计和汽车级鉴定能力, 将为工业和汽车电源转换应用带来巨大的能效改进。”

意法半导体预计将在今年晚些时候向其重要客户交付首批功率GaN分立器件样品, 然后在几个月内交付GaN IC产品。

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

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

## STAr收购Accel-RF以扩大可靠性测试的范围

### STAr从DC-AC扩展到RF, 可满足5G, LiDAR, 光子学和雷达应用的需要

台湾新竹市可靠性测试系统和探针卡供应商STAr Technologies收购了位于美国加利福尼亚州圣地亚哥的Accel-RF Instruments公司 (该公司生产用于化合物半导体的交钥匙可靠性和性能表征测试系统)。

STAr成立于2000年, 为半导体行业提供知识产权, 软件, 硬件, 消耗品, 服务和专业知识, 涵盖参量电气测试 (E-test), 晶圆级和封装级可靠性 (WLR和PLR), 混合信号测试, 组装和包装服务, 探针卡, 负载板, 测试接口和插座。

此次收购增加了Accel-RF的高温RF和用于化合物半导体 (例如氮化镓 (GaN) 和碳化硅 (SiC)) 的高压开关可靠性测试系统, 从而增强了STAr可靠性测试产品。

Accel-RF成立于2003年, 凭借数十年的微波电路设计, RF组件可靠性测试和全面的可靠性测试方法开发经验, 积累了丰富的经验, 已帮助推动化合物半导体晶体管和MMIC在太空, 军事和商业无线市场中的工业采用。它已为美国, 欧洲和亚洲的顶级半导体和航空国防用户提供了可靠性测试系统。Accel-RF声称是全集成, 可扩展的交钥匙系统的唯一提供商, 该系统通过一个图形用户界面在一个平台上以较小的占地面积提供动态, 多维, RF, DC和温度测试。

Accel-RF的首席执行官Roland Shaw表示: “作为STAr全球连接的一员, Accel-RF将巩固我们向化合物半导体可靠性领域提供深远而强大的技术专长的

承诺。我们期待与STAr Technologies合作, 共同追求先进的测试解决方案, 这将巩固我们作为领先的RF和功率半导体可靠性测试创新者的长期地位。”

STAr Technologies的首席执行官Choon-Leong Lou博士表示: “收购Accel-RF是迈向通过毫米波应用加强我们在无线工业市场 (包括RF) 市场的又一步。结合STAr Technologies在DC-AC方面的专业知识, 现在已将其扩展到具有Accel-RF的RF, 为应对快速增长的应用 (例如5G, LiDAR, 光子学和高级雷达系统) 创建了强大的平台”。

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

[www.star-quest.com](http://www.star-quest.com)

## 光学学会将2020年Nick Holonyak Jr奖授予Kei May Lau

光学学会 (OSA) 将2020年尼克霍尼亚克 (Nick Holonyak Jr) 奖授予香港科技大学 (HKUST) 的刘敬美 (Kei May Lau), 以表彰其“对未来集成激光器和硅上化合物半导体的异质外延, 推进发光二极管微型显示器领域做出重大贡献”。

2020 OSA会长, Optikos Corp的创始人兼总裁Stephen D. Fantone评论道: “刘敬

美 (Ke May Lau) 在基于半导体的光学器件和材料方面的工作体现了尼克霍尼亚克 (Nick Holonyak Jr) 奖的精神。她对科学和科学发展的贡献技术应用非常重要。”

刘教授的工作重点在于直接在 (001) 硅衬底上生长的单片电信波段二极管激光器的开发。她将基于MOCVD的异质结

构材料生长方面的创新与对器件物理和制造的见解相结合, 以提高器件性能并实现有效的多器件集成。将高性能的基于III-V的器件集成到硅衬底上的好处是利用CMOS硅行业的功能和基础架构, 将它们扩展到高频的光子和电子集成设备/电路中。

[www.ust.hk](http://www.ust.hk)



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

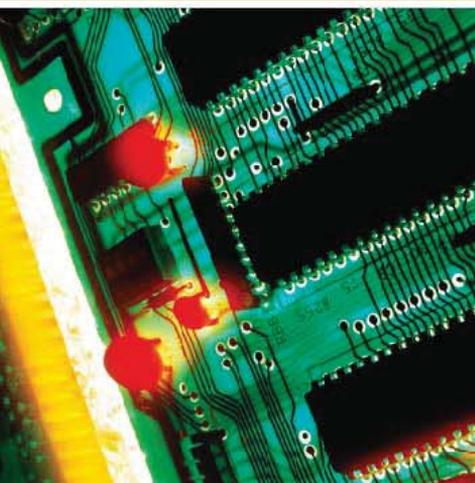
原材料

4N、6N、7N镓

三氧化二砷

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

# Plessey与Axus合作处理GaN-on-Si单片微型LED显示器

## CMP和洗涤系统可实现晶圆平坦化和晶圆级键合的准备

在美国加利福尼亚州旧金山的 Photonics West 2020 (2月4日至6日) 上, 总部位于英国的Plessey公司展示了所开发的用于增强现实和混合现实 (AR/MR) 显示应用的嵌入式微型LED技术。与位于美国亚利桑那州Chandler的Axus Technology公司 (一家化学机械抛光, 晶圆减薄和晶圆抛光表面处理解决方案的提供商) 一起将高性能氮化镓 (GaN) 硅单片微米LED技术推向大众市场。

Plessey表示, 它将继续在制造设施上进行大量投资, 以通过从Axus购买金属和氧化物化学机械抛光 (CMP) 以及相关机台来提高微晶片的晶圆级键合到高性能CMOS背板的能力, 从而提高其专有的micro-LED显示屏的制作能力。

Axus的CMP和洗涤系统已经得到部署, 以实现关键的晶圆平坦化和晶圆级键合的准备。Plessey指出, 晶圆级键合带来了巨大的技术挑战, 即使使用正确的设备, 也需要广泛的专业知识和完善的工艺。在2019年安装该系统后不久,



图片: Axus Technology的CMP机台。

Plessey获得了所谓的第一个功能性晶圆级键合的GaN-on-Si单片1080p 0.7英寸对角线 $8\mu\text{m}$ 像素间距微LED的有源矩阵显示器。

Plessey进一步优化了这些系统和工艺, 与由位于美国华盛顿州温哥华市的 Composite Photonics US 公司 (简称CP, 一家提供用于AR / MR应用的紧凑型高分辨率微显示技术的提供商) 设计的 $3\mu\text{m}$ 像素间距背板显示系统进行晶圆间键合, 创建了超过200万个单独的电气键合, 实现了对角线小得多的单色本机绿光1080p micro-LED显示屏 (对角线为0.26英寸)。

Plessey/Axus合作伙伴关系的形成, 带来了针对各种材料的关键CMP工艺的开发, 这是实现Plessey专有的单片GaN-on-Si技术的关键。

两家公司的工程师已经在Axus的位于亚利桑那州Chandler的CMP晶圆厂和英国的Plessey的半导体制造厂进行合作, 以实现这些目标。

展望未来, 该合作伙伴关系将支持在现有Axus设备套件以及Axus新的高灵活性/高产量Capstone CMP系统 (于2019年底推出) 上扩展大规模生产技术。

Axus总裁Dan Trojan表示: “我们将与Plessey的工程师紧密合作, 以升级其当前的机台, 并随后在Capstone上扩展该技术。” Plessey的首席运营官Mike Snaith补充说: “我们对英国制造工厂不断扩大的投资使Plessey得以迅速创新, 并为AR和其他显示应用提供领先的技术。”

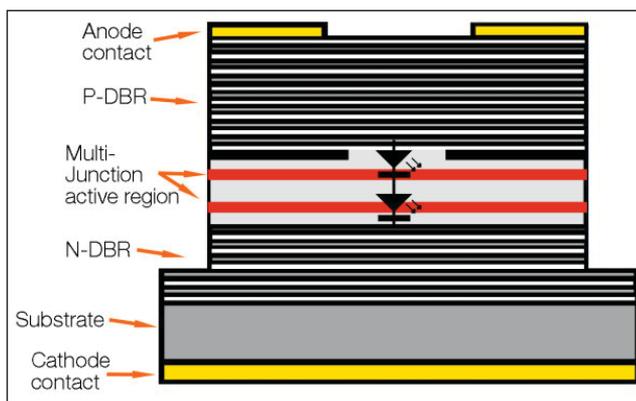
[www.axustech.com](http://www.axustech.com)

[www.plesseysemiconductors.com/products/microleds](http://www.plesseysemiconductors.com/products/microleds)

# Vixar推出用于3D感测的多结VCSEL技术

在旧金山的Photonics West 2020 (2月4日至6日) 上, 位于美国明尼苏达州普利茅斯的Vixar公司 (德国慕尼黑Osram GmbH的子公司) 推出了多结垂直腔表面发射激光器 (VCSEL) 技术, 在940nm处的功率转换效率为60%。在2018年收购Vixar之后, 欧司朗展示了双结和三结VCSEL, 它们可提供更低的电流, 更高的效率和更高的速度。

Osram表示, 由于其优势包括出色的光束质量, 简单的设计和紧凑的尺寸, VCSEL市场继续快速增长。VCSEL为消费类应用 (如3D相机和移动设备中的面部识别) 以及工业应用 (如近距离光检测和测距 (LiDAR), 机器视觉和机器人技术) 提供动力。在诸如车内感应的汽车应用中也有潜力。



图片: Vixar新型多结VCSEL的器件结构。

作为VCSEL的下一个发展, 新的多结技术可应用于公司产品组合中的产品, 其双结的斜率效率为2W/A, 三结的斜率效率为3W/A。功率转换效率达到了创纪录的60%, 大大高于同类单结的53%

峰值插座效率。

欧司朗表示, 多结VCSEL具有许多明显的优势。例如, 更高的效率可以降低整体热负荷。更高的功率密度导致芯片和封装尺寸大大减小, 从而简化了光学设计和系统架构。

较高的斜率效率意味着, 要达到与单结VCSEL相同的光功率, 就需要低得多的正向脉冲电流。优点是大大减少了所需的电流,

从而提高了驱动器的开关速度。电流的减少使VCSEL可以发出1ns的脉冲, 持续数十瓦甚至数百瓦。

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



# semiconductor**TODAY**

COMPOUNDS & ADVANCED SILICON

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

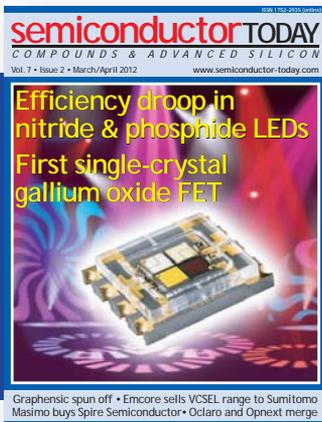


Join our LinkedIn group: Semiconductor Today



Follow us on Twitter: Semiconductor\_T

Choose **Semiconductor Today** for . . .



## MAGAZINE

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

Targeted 82,000+ international circulation

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



## WEB SITE

Average of over 26,000 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

# NREL展示了利用HVPE实现AlInP和AlGaInP的首次生长

在D-HVPE中添加铝可以使所制作的太阳能电池与成本更高的MOVPE制成的太阳能电池具有同等的效率。

**美**国国家可再生能源实验室(NREL)表示已将铝源集成到氢化物气相外延(HVPE)反应器中,进而展示了磷化铝铟(AlInP)和磷化铝镓铟(AlGaInP)利用这种技术的第一次生长。

NREL材料应用与性能中心的科学家,"Growth of AlGaAs, AlInP, and AlGaInP by Hydride Vapor Phase Epitaxy" (ACS Applied Energy Materials (2019) 2, 12, p8405)论文的主要作者Kevin Schulte表示:"有大量的文献表明,人们永远无法使用氢化物气相外延生长这些化合物。这就是许多III-V行业采用金属有机气相外延(MOVPE)的原因之一,MOVPE是占主导地位的III-V生长技术。为这种创新改变了这种情况"。

III-V太阳能电池通常用于太空应用。这些类型的电池以高效率著称,对于陆地用途而言价格昂贵,但是研究人员正在开发降低这些成本的技术。

NREL率先采用的方法依赖于新的生长技术—动态氢化物气相外延(D-HVPE)。传统的HVPE几十年来一直被认为是为电信行业生产发光二极管和光电探测器的最佳技术,但随着MOVPE的出现,它在1980年代逐渐失宠。两种工艺都涉及在衬底上沉积化学蒸气,但是MOVPE的优势在于它具有在两种不同的半导体材料之间形成渐变异质界面的能力,而HVPE通常是很难有同样能力的。NREL表示,这随着D-HVPE的出现而改变。

HVPE的早期版本使用单个腔室,其中一种化学物质沉积在衬底上,然后将其从腔室中移走。然后将生长化学物质转换为另一种化学物质,然后将衬底返回到腔室中,以进行下一次化学反应。D-HVPE依靠多室反应器。衬底在腔室之间来回移动,大大减少了制造太阳能电池的时间。据估计,使用D-HVPE可以



图1: 使用HVPE生长的铝III-V太阳能电池样品,显示为在去除与玻璃手柄衬底键合的GaAs衬底以进行透射测量的 $Al_x(Ga_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ 薄膜。颜色的差异是由于Al和Ga的成分不同所引起的。具体而言,黄色样品为AlInP(无Ga),橙色样品为AlGaInP。NREL的Dennis Schroeder拍摄。

在一分钟之内生产出使用MOVPE花费一两个小时才能生产出来的单结太阳能电池。

尽管取得了这些进步,MOVPE仍然拥有另一个优势:能够沉积含铝的宽能带隙材料,从而实现最高的太阳能电池效率。由于通常的含铝前驱体—氯化铝的化学性质存在困难,HVPE含铝材料一直比较困难。

研究人员一直计划将铝引入D-HVPE,但首先将精力集中在验证生长技术上。Schulte表示:"我们试图逐步推进技术,而不是一次全部完成。我们验证了我们可以生长高质量的材料。我们验证了我们可以开发更复杂的器件。这项技术正在向前发展,下一步就是铝。"

Schulte的合作者是来自NREL的Wondwosen Metaferia, John Simon, David Guiling和Aaron J. Ptak。他们还包括来自美国北卡罗来纳州Raleigh的Kyma技术公司(提供宽带隙半导体晶体材料和晶体生长设备)的三位科学家。该公司开发了一种生产独特的含铝分子的方法,然后可以将其导入D-HVPE室。

研究人员使用了三氯化铝发生器,将其加热到400°C,从固态铝和氯化氢气体中产生三氯化铝。在HVPE反应器环境中,三氯化铝比一氯化物形式稳定得多。其他成分(氯化镓和氯化铟)在800°C蒸发。将这三种元素反应并在650°C下沉积在衬底上。

使用D-HVPE, NREL以前能够用砷化镓 (GaAs) 和磷化铟镓 (GaInP) 制成太阳能电池。在这些电池中, GaInP用作“窗口层”, 该层钝化了前表面并允许阳光到达GaAs吸收层, 在该层下方, 光子被转换为电能。该层必须尽可能透明, 但GaInP不如MOVPE生长的太阳能电池中所用的磷化铝铟 (AlInP) 透明。MOVPE生长的包含AlInP窗口层的GaAs太阳能电池的现有效率记录为29.1%。如果使用GaInP, 估计HVPE生长的太阳能电池的最大效率仅为27%。

现在, 已经将铝添加到了D-HVPE的混合物中, 研究人员认为它们应该能够通过MOVPE制造的太阳能电池达到同等水平。

NREL国家光伏中心的资深科学家Ptak指出: “HVPE工艺是一种更便宜的工艺。现在我们已经展示了提高到与其他技术相同的效率途径。以前我们效率较低, 但价格便宜。现在则有可能变得完全一样高效, 同时更便宜。”

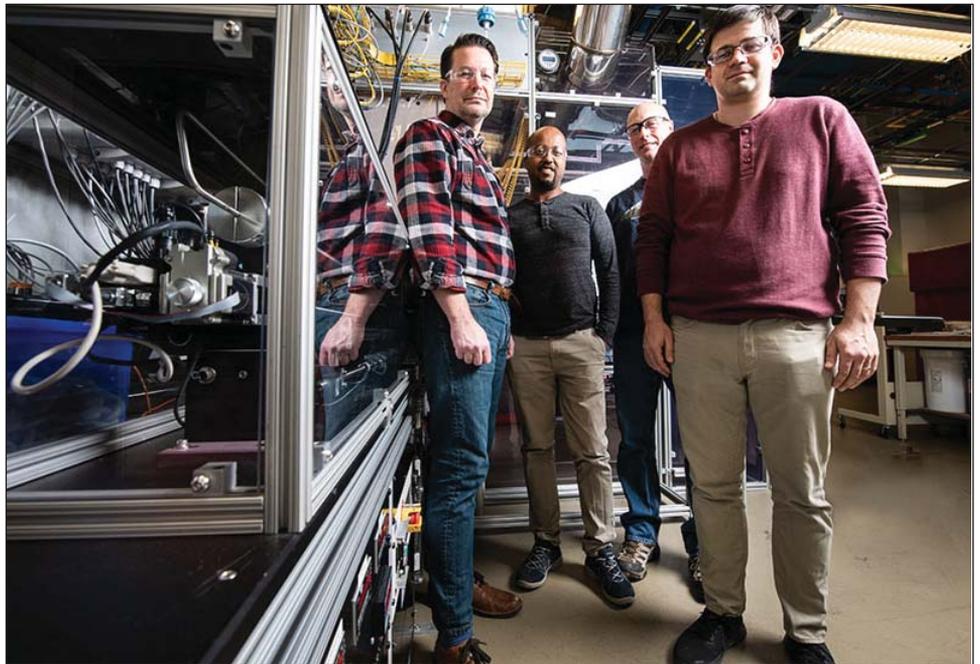


图2: NREL研究人员 (从左到右) Aaron Ptak, Wondwosen Metaferia, David Guiling和Kevin Schulte正在使用HVPE生长用于III-V太阳能电池的含铝材料。NREL的Dennis Schroeder拍摄。

美国能源部太阳能技术办公室资助了D-HVPE研究。

<https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acsaem.9b02080>  
[www.nrel.gov](http://www.nrel.gov)  
[www.kymatech.com](http://www.kymatech.com)

## CLEANSORB<sup>®</sup> EXHAUST GAS ABATEMENT



CS CLEAN SOLUTIONS

For R&D and manufacturing  
CVD, ALD, Plasma Etch, Ion Implantation  
and many more process applications

- ▶ Safe, dry chemical conversion of hazardous gases to stable solids
- ▶ Proprietary CLEANSORB<sup>®</sup> media
- ▶ no handling of toxic waste
- ▶ Practically maintenance-free
- ▶ Local refill service worldwide



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

# 薄的硅上锗虚拟衬底上的砷化镓光电探测器

研究人员希望该技术可以扩展到可见光和近红外波段的其他III-V族高性能光电系统。

**位**于阿拉伯联合酋长国的研究人员使用了硅上锗模板生产砷化镓 (GaAs) 金属-半导体-金属 (MSM) 光电探测器[Ghada Dushaq et al, J. Appl. Phys., vol126, p193106, 2019]。来自纽约大学阿布扎比分校和哈利法大学的研究小组认为：“将该方法扩展到其他III-V和晶格失配系统，可以在可见光和近红外波段实现高性能光电器件。”

还希望将III-V族材料单片集成到硅上，以降低成本，提高良率和产量，并进一步与主流的互补金属氧化物半导体 (CMOS) 电子产品和硅光子平台结合使用。

诸如GaAs之类的III-V族材料比间接带隙硅具有更高的光学活性。因此，GaAs和其他材料具有更高的光电检测性能。此外，创建高效的光源 (LED和激光) 绝大多数要求使用直接带隙材料，其中最先进的是III-V族化合物半导体。

不匹配的晶格和热膨胀系数会阻碍III-V

材料在硅上的沉积。在他们的工作中，研究人员使用的锗层比通常用于缓冲硅和III-V半导体的约 $10\mu\text{m}$ 梯度硅锗层薄得多。

硅锗模板或“虚拟衬底”由(100)硅上的700nm射频等离子体增强化学气相沉积 (PECVD) 层组成。GaAs来自金属有机化学气相沉积 (MOCVD) 工艺，涉及叔丁基砷 (TBA) 和三甲基镓 (TMGa) 前驱体。

在GaAs沉积之前，将Ge表面分别在 $400^\circ\text{C}$ 和 $700^\circ\text{C}$ 下烘烤5分钟和10分钟。这些热处理的目的是在不引入反相边界 (APB)，位错和堆垛层错的情况下实现从非极性Ge到极性GaAs的转变。研究人员将这种处理方法描述为“在开始沉积GaAs之前，增加双原子步骤的密度，吸附Ge原生氧化物并提高表面质量的重要步骤。”

GaAs分两步沉积：在 $500^\circ\text{C}$ 下持续5分钟，形成种子层，然后在 $550^\circ\text{C}$ 进行其余

的生长。器件层是未掺杂的，旨在实现固有的导电性能，以实现低压操作。实际上，锗在GaAs层中的相互扩散会引入陷阱态并会扩展缺陷，以 $5\times 10^{17}/\text{cm}^2$ 的空穴浓度提供p型导电，从而产生约 $200\text{m}\Omega/\text{方块}$ 的薄层电阻。

清洁GaAs表面并进行氧等离子体处理，然后用1-2nm溅射氧化铝 ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 钝化，该钝化目的是高质量的肖特基接触。蒸发的铬 (Cr) 和金 (Au) 用作MSM光电探测器的金属接触。15nm铬充当金接触的粘附层和种子层。

在1V反向偏压下， $\text{Al}_2\text{O}_3$ 中间层将肖特基结中的漏电减少了约20倍 (图1)。 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 钝化的开/关电流比在 $\pm 1\text{V}$ 偏压下约为 $10^3$ 。与没有 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 钝化的 $0.67\text{eV}$ 相比，中间层还将肖特基势垒高度降低到 $0.62\text{eV}$ 。中间层避免了由于裸表面GaAs缺陷状态而导致的严重费米能级钉扎。此外，氧化铝改善了光子收集效率。

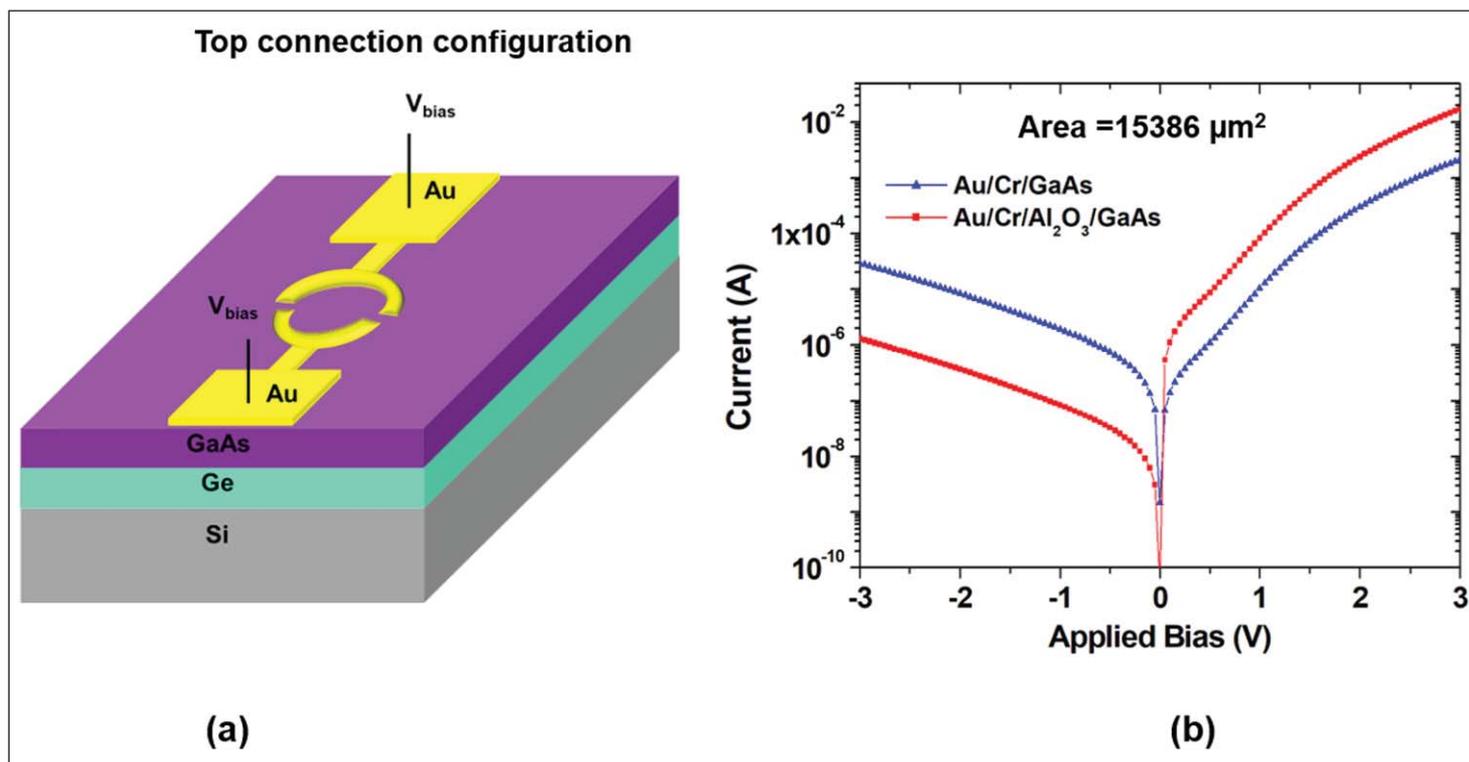


图1：(a) GaAs MSM检测器的顶部电气连接，以及 (b) 具有/不具有 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 中间层的金属-半导体结处的电流-电压整流行为。

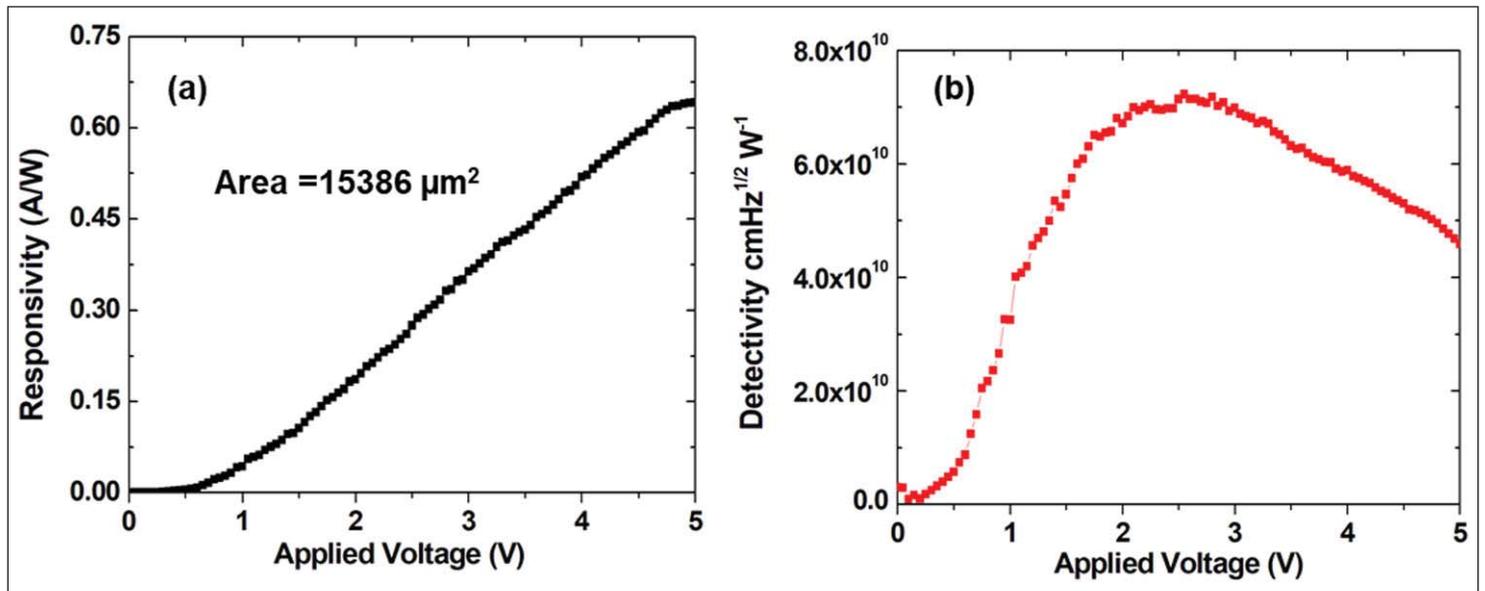


图2: (a) 响应率和 (b) 探测率与反向偏置电压之间的关系。

直径为30-140 μm的器件中的暗电流密度约为6mA/cm<sup>2</sup>。

使用850nm单色激光(图2)测量光学响应。钝化和未钝化的器件具有相似的响应特性。钝化器件在降低暗电流方面具有优势。5V反向偏压时的响应度高达约0.54A/W。研究人员估计量子效率为85%。不同器件的响应变化范围在0.4至0.64A/W之间。

基于GaAs的整体吸收系数,研究人员将其响应与0.41A/W的理论期望值进行了比较。在0.64A/W器件的实验中测得的~1.55x增强是由于该器件的非块状

GaAs体内吸收的增加。

研究人员表示:“在理论计算中,我们考虑了块状砷化镓的吸收系数。然而,在异质外延薄膜GaAs结构中,光学参数受生长条件,层厚度和其下材料的影响很大。此外,Ge是在850nm处具有高吸收性的材料。”

特别是,研究小组指出根据X射线分析,表明Ge和GaAs层受到拉伸应变。研究人员认为如果应变变小,则能带隙减小会导致光吸收增加。GaAs/Ge界面反射的光进一步提高1.5%。

从光电流和暗电流响应中提取出的探测率为4.6x10<sup>10</sup>cm·Hz<sup>1/2</sup>/W。

在1V反向偏压下,结电容约为500fF。研究人员表示,小的电容意味着器件的带宽实际上是受到了器件上的载波传输时间的限制。该团队估计在高达9GHz的频率下具有3dB带宽,在1V偏压下约为4GHz。

缩小器件尺寸可能会导致响应时间缩短,但是在减少光响应和减少有效面积之间存在折衷。透明电极可以改善这种折衷。

<https://doi.org/10.1063/1.5120705>

# REGISTER

for *Semiconductor Today*

free at

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

# 基于铟镓氮 $\mu$ LED实现光电探测器阵列

研究人员实现了2个发射器，2个接收器的可见光通信设置，数据速率高达175MHz。

## 中

国复旦大学和加拿大多伦多大学探索以光电二极管 (PD) 模式使用铟镓氮

(InGaN) 微发光二极管 ( $\mu$ LED) 阵列来实现多输入, 多输出 (MIMO) 可见光通信 (VLC) [Xiaoyan Liu et al, ACS Photonics, 于2019年10月31日在线发表]。研究小组认为, 该技术可能实现显示器, 快速数据传输和光电探测器的集成, 通过信号本身或通过太阳光照射以光伏方式供电。

研究人员认为: “这样的多功能  $\mu$ LED信息显示器对于需要高速无线网络和大量电力的应用是非常有用的, 例如用于可穿戴虚拟现实/增强现实 (VR/AR) 设备以及户外的信息显示芯片大屏幕显示。”

VLC被视为一种无线通信技术, 可以部署在飞机或医院等射频电磁干扰可能会成问题的环境中。

由于较小的寄生电阻和电容, 预计  $\mu$ LED的小尺寸将带来更高的带宽。尽管已经研究了单个  $\mu$ LED光电探测器, 但研究人员报告说, 迄今为止尚未提出此类器件的并行阵列结构。

2x2 MIMO系统由405nm紫光激光二极管 (LD) 的传输组成, 这些传输在1m的自由空间距离上传输到用作光电探测器的450nm蓝光  $\mu$ LED结构上 (图1)。之所以使用激光二极管, 是因为两个信号源之间的串扰减少, 光束发散角减小。激光通过使用透镜系统来准直。

研究人员在图形蓝宝石衬底上使用金属有机化学气相沉积 (MOCVD) 生长的商业材料上制作了他们的器件。感光区域是带有GaN势垒的铟镓氮 (InGaN) 多量子阱 (MQW)。该结构还包括铝镓氮 (AlGaN) 电子阻挡层。使用等离子增强

化学气相沉积 (PECVD) 进行二氧化硅 ( $\text{SiO}_2$ ) 绝缘。镍/金 (Ni/Au) 用于

电流扩散。N型接触和p型接触由钛/金 (Ti/Au) 组成。

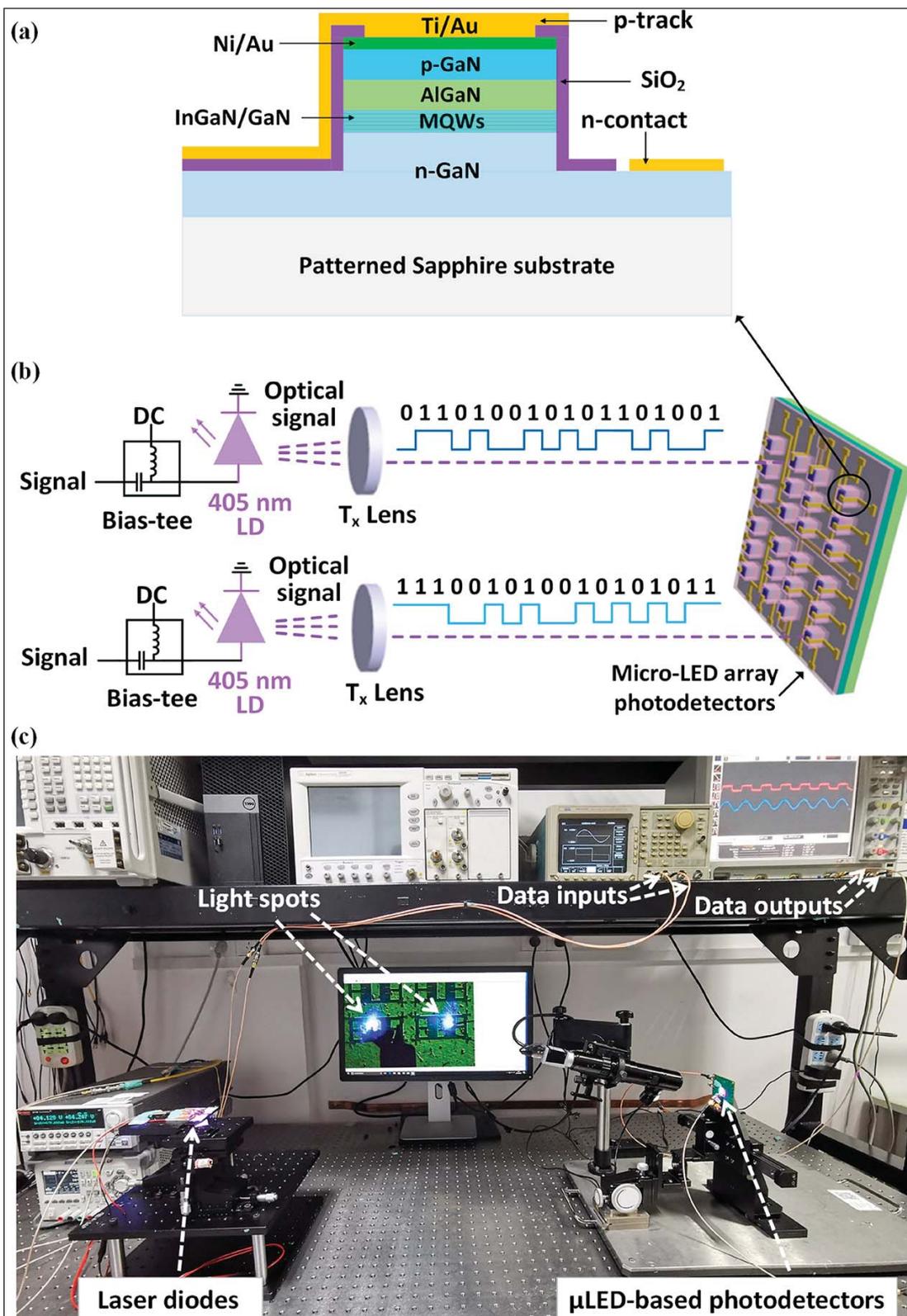


图1: (a)  $\mu$ LED的示意图, (b) MIMO VLC设置, 以及 (c) 实验照片。

光电探测器的直径在 $40\mu\text{m}$ 和 $100\mu\text{m}$ 之间变化。在零偏压下，光/暗电流比或“光敏度”为 $10^9$ 量级。这么高的值是由于在零偏压 $10^{-14}\text{A}$ 时极低的暗电流引起的。激光二极管的功率密度高达 $11.0\text{W}/\text{cm}^2$ 。

当器件偏压在 $-5\text{V}$ 时，较小的器件的光/暗电流比为 $10^7$ ，较大的器件为 $10^8$ 。研究人员说，这些值与报道的最好结果相符，并且“比以前报道的具有光电导，PN或异质结结构的GaN光电探测器的值更高”。该团队期望较高的值有益于器件的信噪比和最小检测极限。

当照度为 $11.0\text{W}/\text{cm}^2$ 时，直径为 $40\mu\text{m}$ 的 $\mu\text{LED}$ 的短路电流为 $27.4\mu\text{A}$ 。对于 $100\mu\text{m}$ 的直径，这会增加到 $188\mu\text{A}$ 。开路电压均为 $2.6\text{V}$ 。这种光伏效应可用于为电路的其他部分供电。研究人员报告说，他们已经利用这种收集的能量为 $660\text{nm}$ 激光二极管供电。该团队发现这种器件可以用于危险和恶劣环境中系统的潜力。

具有 $11.0\text{W}/\text{cm}^2$ 激光功率密度的自供电 $\mu\text{LED}$ 的响应度对于 $40\mu\text{m}$ 直径为 $0.24\text{A}/\text{W}$ ，对于 $100\mu\text{m}$ 为 $0.21\text{A}/\text{W}$ 。直径为 $60\mu\text{m}$ 的 $\mu\text{LED}$ 可获得 $0.29\text{A}/\text{W}$ 的响应。研究人员估计，直径为 $40\mu\text{m}$ ， $60\mu\text{m}$ 和 $100\mu\text{m}$ 的 $\mu\text{LED}$ 的量子效率分别为 $74\%$ ， $88\%$ 和 $62\%$ 。

在 $-5\text{V}$ 时对器件进行偏压可得到 $0.27$ ， $0.31$ 和 $0.24\text{A}/\text{W}$ 的相应响应-量子效率分别为 $82\%$ ， $96\%$ 和 $73\%$ 。研究人员将性能提高归因于在反向偏压下增强了电子和空穴的分离和收集。

该团队认为：“在 $405\text{nm}$ 的波长下，响应度值高于商用Si-PIN光电探测器，并且比之前没有内部光电流增益的基于GaN的光电探测器略好。”

在零偏压下，可以测量带宽和噪声对 $\mu\text{LED}$ -PD影响的比探测系数约为 $10^{13}\text{Jones}(\text{cm}\cdot\text{Hz}^{1/2}/\text{W})$  - 直径为 $40\mu\text{m}$ 时为 $7.5\times 10^{12}\text{Jones}$ ，而直径为 $60\mu\text{m}$ 时为 $1.5\times 10^{13}\text{Jones}$ 。由于暗电流增加， $-5\text{V}$ 偏压下的值有所降低 - 直径为 $40\mu\text{m}$ 时为 $1.11\times 10^{11}\text{Jones}$ ，直径为 $60\mu\text{m}$ 时为 $2.3\times 10^{12}\text{Jones}$ 。

对于高速通信，需要对照明变化具有快速响应。较小的器件可能会有更快的上升和下降时间。在零偏压下，对于直径为 $40\mu\text{m}$ 的 $\mu\text{LED}$ ，响应 $11.7\text{W}/\text{cm}^2$

激光二极管照明的上升和下降时间分别为 $22.0\text{ns}$ 和 $23.7\text{ns}$ 。这些时间通过 $-5\text{V}$ 反向偏压分别减少到 $13.2\text{ns}$ 和 $13.7\text{ns}$ 。

研究人员解释说：“与 $0\text{V}$ 偏压相比，在 $-5\text{V}$ 偏压下，光响应时间变短，这归因于在反向偏下载流子的漂移速度增加”。

实际上，直径为 $60\mu\text{m}$ 的 $\mu\text{LED}$ 具有改善的上升/下降时间：零偏压下为 $17.2\text{ns}/20.2\text{ns}$ ， $-5\text{V}$ 下为 $12.2\text{ns}/12.7\text{ns}$ 。

对于 $40\mu\text{m}$ ， $60\mu\text{m}$ 和 $100\mu\text{m}$ 器件， $-5\text{V}$ 反向偏压下的 $-3\text{dB}$ 光电调制带宽分别为 $56.8$ ， $56.2$ 和 $53.5\text{MHz}$ 。这些值在零偏压时减小，对应值为 $40.3$ ， $41.2$ 和 $38.6\text{MHz}$ 。

在开关键控(OOK)调制传输中，研究人员在 $100\mu\text{m}$ 器件反向偏压为 $-5\text{V}$ 时，实现了每秒 $185$ 兆位(Mbps)(图2)。误码率(BER)为 $3.5\times 10^{-3}$ ，低于前向纠错(FEC)的 $3.8\times 10^{-3}$ 上限。

该 $60\mu\text{m}$ 器件在零偏压和 $3.6\times 10^{-3}$  BER下达到 $120\text{Mbps}$ 。在 $-5\text{V}$ 反向偏压下，相同的器件实现了 $175\text{Mbps}$ 和 $3.7\times 10^{-3}$  BER。研究人员认为：“在所提出的 $2\times 2$  MIMO VLC中，使用 $60\mu\text{m}$   $\mu\text{LED}$ 的光电探测器作为光接收器，可以实现 $350\text{Mbps}$  (在 $-5\text{V}$ 偏压下)和 $240\text{Mbps}$  (在零偏压下)的理想实时数据速率。”

应用缩放参数，该团队建议使用 $10\times 10$

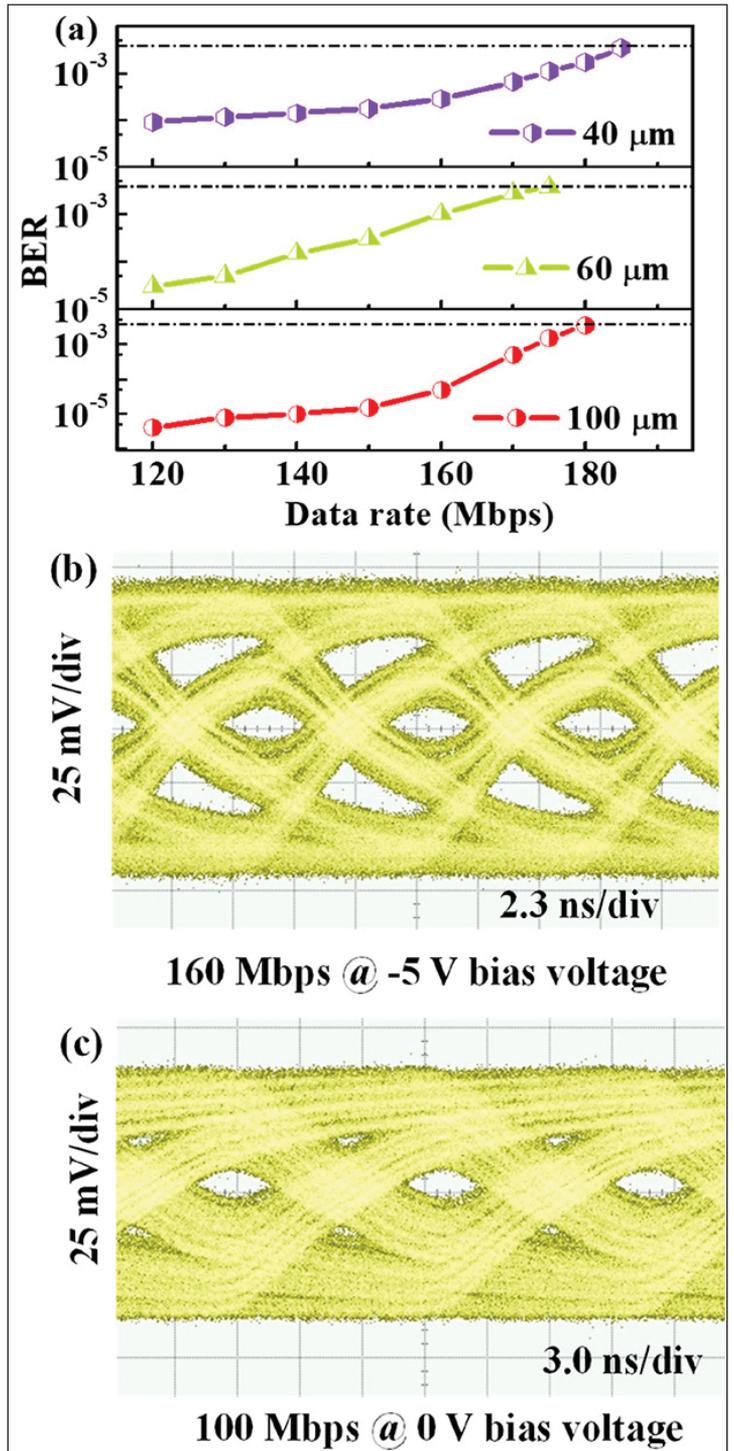


图2: (a) 具有各种直径的基于 $\mu\text{LED}$ 的光电探测器在 $-5\text{V}$ 偏压下的BER与数据速率的关系。黑色实线和黑色虚线分别代表 $-3\text{dB}$ 带宽和FEC阈值，对于 $60\mu\text{m}$   $\mu\text{LED}$ 的光电探测器，分别在 $-5\text{V}$ 和 $0\text{V}$ 偏压下以 $160$  (b) 和 $100\text{Mbps}$  (c) 的数据速率捕获的眼图。

阵列可以达到 $18\text{Gbps}$ ，而使用 $128\times 128$ 设置可以达到每秒几兆兆位。但是，该团队警告说：“由于越来越多的阵列不可避免地会出现串扰和准直困难，因此在实际应用中实现对多Gbps传输的扩展面临着巨大挑战。”  
<https://doi.org/10.1021/acsphotonics.9b00799>  
 作者: Mike Cooke

# 铟镓氮发光二极管的热骤降

研究人员认为, 高温下的功率损耗主要是由传输效应引起的。

**美**国Soraa公司的研究人员表示, 对铟镓氮 (InGaN) 发光二极管 (LED) 的研究表明, 外量子效率 (EQE) 的热骤降主要是由诸如载流子过冲的传输效应引起的。[Aurelien David et al, Appl. Phys. Lett., vol115, p223502, 2019]。

热骤降是指半导体结通过高温运行或由于连续运行的器件中不良的散热 (焦耳加热) 而产生加热时效率的损失。这与电流骤降相反, 后者是指高电流注入时的效率损失。通常, 电流骤降通过脉冲操作来隔离, 该操作旨在避免热量在LED结中累积。

研究人员使用了通过金属有机化学气相沉积 (MOCVD) 在c面的体GaN上生长的材料。发光来自铟含量为13%的InGaN单量子阱或多量子阱 (SQW/MQW)。昂贵的块状GaN衬底的使用提供了具有低缺陷水平的最佳情况的器件, 这种器件减少了通过位错的漏电流。

在25-160°C温度范围内的SQW上进行的电致发光 (EL) 实验表明, 内量子效

率 (IQE) 的峰值为84%。被测试的结构由置于200nm本征GaN材料中的SQW组成。在整个温度范围内, 对激光泵浦的IQE响应相当一致。研究人员甚至建议, 考虑到吸收差异, 在较高温度下, IQE峰值会略有增加。

研究人员使用光学差分寿命技术来推导标准ABC模型的各种参数。通过研究由不同泵浦激光功率产生的不同载流子水平的发光, 可以提取模型的各个单独项-Shockley-Read-Hall (A), 辐射 (B) 和Auger (C)。

该团队解释说: “具有随时间变化的输出二极管激光器会谐振地激发QW。PL信号由连接到网络分析仪的雪崩光电二极管收集, 雪崩光电二极管确定PL信号的相位和幅度响应, 从中可以得出差分载波的寿命。该技术直接探测了载流子在有源区的寿命, 因此避免了传输效应。”

载流子寿命行为的分析允许提取电流相关的ABC系数以及IQE。

研究人员基于ABC模型的分析发现,

总复合寿命仅对温度有微弱的影响, “A”部分归因于非辐射性Shockley-Read-Hall (SRH) 过渡到中间能隙水平, 在高温下与预期相比略有下降。

研究小组认为, 先前报道的温度依赖性效应可归因于两个因素: “(1) 在异质外延样品中, 其他与位错相关的效应可能导致不同的热活化 (特别是对于A); (2) 以前的研究从EL [电致发光] 测量中得出了寿命, 在这种情况下, 复合效应和传输效应没有被分开。我们的测量直接探测了低缺陷材料中的有效区域重组, 因此可以更直接地了解热骤降的本质。”

因此, 研究人员认为, LED的EL性能下降是由于器件有源QW区域的复合问题引起的。SQW LED由30nm p-i-n结构和镁掺杂的铝镓氮 (AlGaN) 电子阻挡层组成。组装LED时, 将芯片倒装到银p型接触上。银接触的一个目的是高的光提取效率, 通过反射回到器件顶部来实现。

热骤降归因于传输效应, 例如, 电子通过跨过电子阻挡层进入p型接触层并

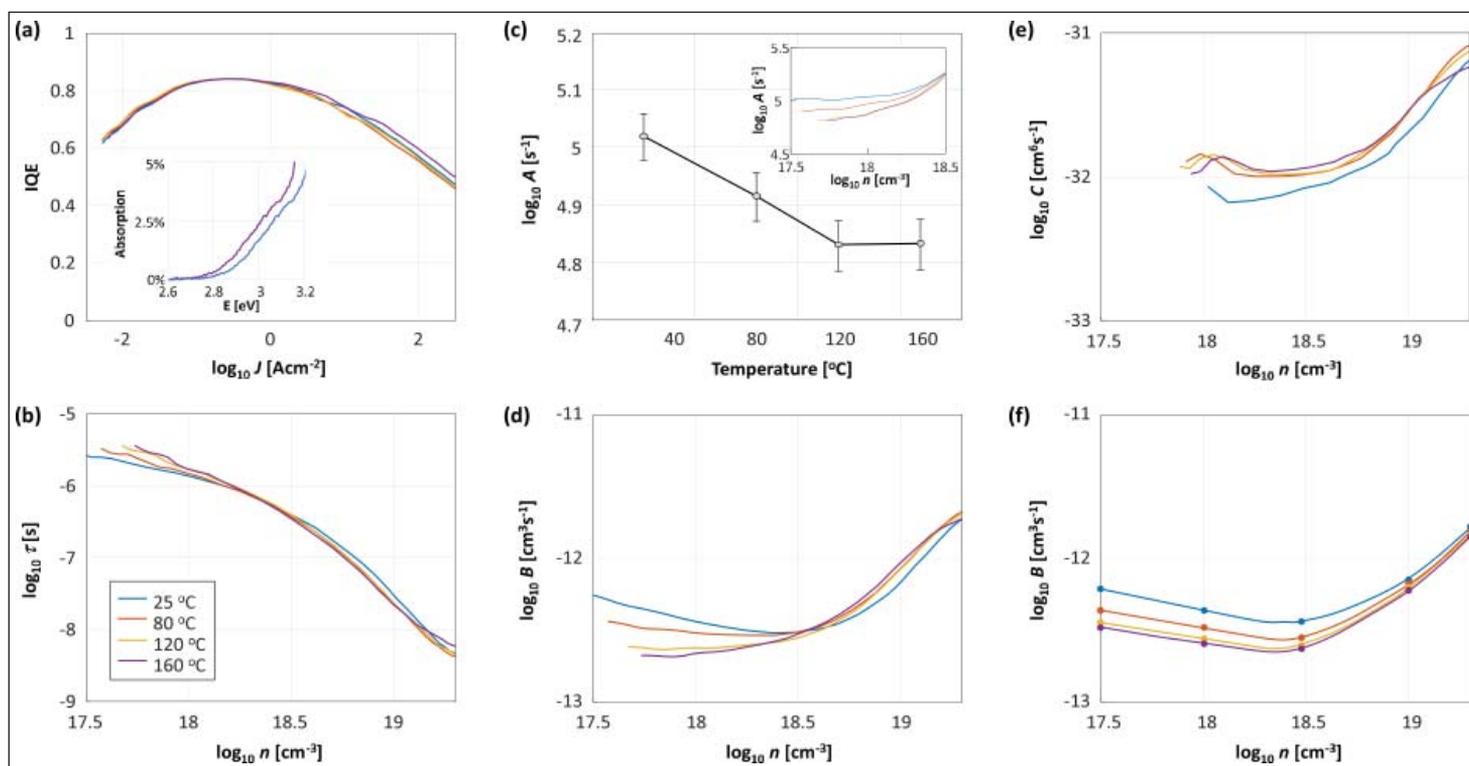


图1: SQW样品热骤降的PL测量: (a) IQE, (b) 寿命与载流子浓度的关系。(c) 提取的SRH系数A。插图: 非辐射电流除以载流子密度: 从低电流平稳期提取的值。(d) 辐射系数B。(e) 俄歇系数C。(f) B的计算值 (考虑多体效应和合金紊乱) 显示出与 (d) 的实验数据相似的定性趋势。

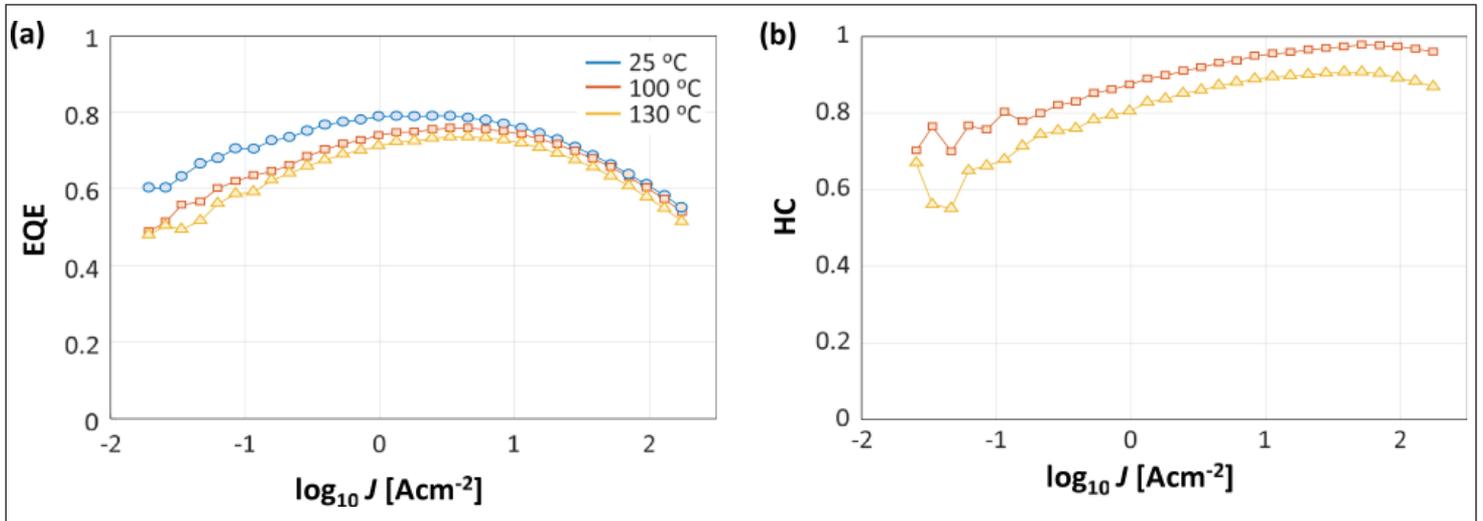


图2: MQW LED中的电致发光热骤降: (a) EQE和 (b) HC比。

进行非辐射复合而从有源区逸出。研究人员进行了一项时间分辨的研究, 该研究可以测量QW中的载流子逃逸时间。指数温度依赖性与热电子发射一致。

研究人员发现, 优化的MQW结构可实现更高的EQE和热/冷 (HC) 比值 (图2)。“冷”是指室温下的性能。该团队观察到, HC比“在100°C的温度和工作电流密度下达到接近统一的水平 - 比商业LED样品中通常观察到的值更高。至关重要的是, 无法通过牺牲峰值EQE来实现HC比的提高 (相反, MQW结构的室温峰值

EQE达到了80%的最新值, 超过了SQW结构的峰值)。这表明热骤降并不是LED性能的根本限制。”

研究团队认为MQW结构减少了从有源区到p型接触区的逸出。如果电子没有被一个量子阱捕获, 则可能被另一个量子阱捕获。但是, 可能还会产生补偿效应, 其中较高的温度可以使MQW结构中的QW的使用范围更广。一些研究发现, 在EL测试中, MQW结构的发射非常不均匀, 大多数光来自器件p型端附近的孔, 因为空穴倾向于具有较慢的传输特性。

这种补偿可以部分解释HC的性能, 但不能解释EQE的性能。SQW LED在100°C下的峰值EQE相对下降了15%, 而MQW结构的相对下降了5%。研究人员声称, 下降是不受载波扩展影响的, 因为它考虑的是峰值EQE, 与电流无关。该团队补充说, “这表明大多数HC改进都有单独的原因。”

<https://doi.org/10.1063/1.5124123>

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

作者: Mike Cooke

# REGISTER

for *Semiconductor Today*

free at

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

# 富士通生长金刚石薄膜以提高 GaN HEMT的散热效率

新设计将热量产生减少了40%，从而实现了较小的雷达系统。

**在**美国马萨诸塞州波士顿举行的2019年MRS秋季会议上(12月1-6日),富士通有限公司和富士通实验室有限公司报告了被认为是在氮化镓(GaN)高电子迁移率晶体管(HEMT)表面上生长具有高效散热性能的金金刚石膜生长的首项技术。

## 开发背景

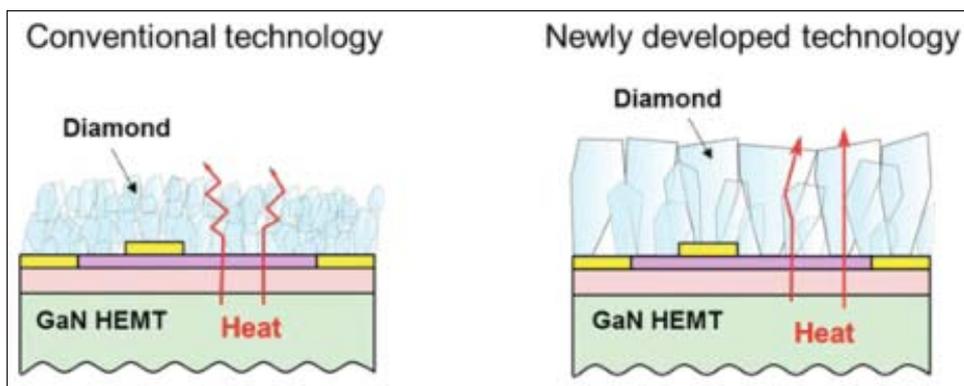
近年来, GaN HEMT被广泛用作天气雷达和无线通信设备中高频放大器的晶体管。未来,要在高度准确地观测局部倾盆大雨以及为5G通信创建稳定的毫米波高速通信环境等领域取得突破,将需要在全世界范围内大量增加雷达和基站的部署。

但是,现有设计固有的局限性阻止了安装数量的继续增加。雷达系统中使用的晶体管由于需要在更大的距离上工作而具有更高的输出功率,这增加了它们产生的热量。需要冷却设备,因为过热会导致性能下降。冷却系统仍然很昂贵,并且包括冷却设备在内的整个系统的大尺寸限制了安装位置,这使得冷却设备的简化和小型化对设计者而言是重大的挑战。

## 挑战性

减小冷却系统尺寸和复杂性的一种方法是通过GaN HEMT的正面和背面都用金刚石膜覆盖来提高散热效率。这种具有出色散热性能的金金刚石薄膜将有效降低GaN HEMT的内部温度。然而,为了实现这一点,需要大粒径的金金刚石晶体有效地传递热量,以使热量不会积聚在金金刚石内部。

为了生长这样的金金刚石膜,通常需要约900°C的高温,但是金金刚石在这么高的温度下生长会破坏GaN HEMT。当金金刚石膜在低温(~650°C,不会破坏GaN HEMT)下生长时,所提供的用于生成金金刚石的甲烷气体所产生的热能降低,



意味着金金刚石的生长不完全。使用低温方法,只能生长几百纳米或更小的微观金金刚石颗粒(或纳米金金刚石)。此外,每个粒子都变成面向不同方向的晶体聚集体,从而抑制了粒子之间的有效传热(图1)。

## 最新技术

为应对这一挑战,富士通开发了一种技术,该技术可在不破坏晶体管的低温(约650°C)条件下生长高度热扩散的金金刚石膜,这种技术被认为是世界首创,成功地展示了GaN HEMT表面具有高度热扩散的金金刚石膜的操作。

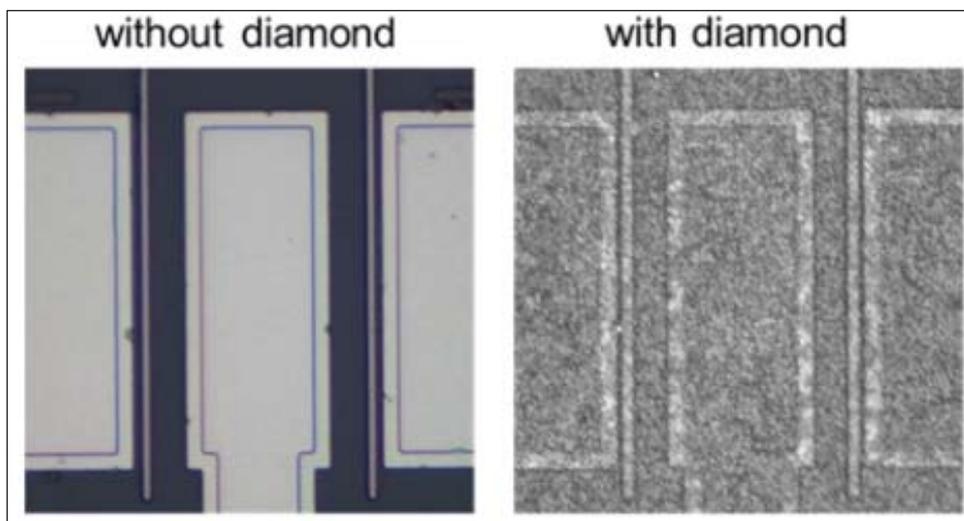
为了用这种方法生长金金刚石膜,将直径为几纳米的纳米金金刚石颗粒放置在器件的整个表面上。然后将纳米金金刚石

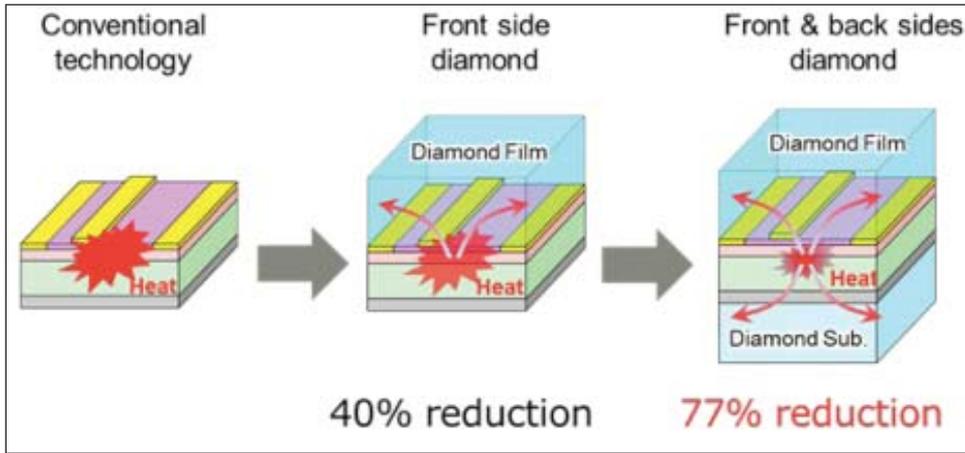
颗粒暴露于具有高热能的甲烷气体中,以将甲烷气体中包含的碳转化为金金刚石,然后将其掺入颗粒中。碳以其高能量被选择性地掺入指向特定方向的金金刚石中,从而使指向相同方向的金金刚石结合在一起并生长。

富士通着眼于甲烷的热能随金金刚石生长过程中的压力和甲烷气体浓度的变化而变化的事实,富士通发现,可以在低温下选择性地扩大沿特定方向取向的纳米金金刚石颗粒。这样就可以将纳米金金刚石转换为大1000倍的微米级金金刚石(图2)。结果,热量可以容易地穿过金金刚石,并且GaN HEMT可以有效地散热。

## 结果

通过使用新开发的技术,与没有金金刚石





膜的情况相比, GaN HEMT操作期间产生的热量减少了约40%, 并且温度可以降低100°C或更多。此外, 在室温下, 通过将GaN HEMT背面的散热与富士通开发的单晶金刚石和碳化硅 (SiC) 键合技术相结合, 可以在GaN HEMT的正面和背面覆盖一层金刚石膜, 这将使热量产生减少约77% (图3)。

富士通认为这可以使小型冷却设备用于以前需要大型冷却设备的高性能雷达系统, 从而节省了空间, 并极大地简化了安装各种应用所需的单元的数量,

这些应用包括改进的天气预报和5G通信。

该研究得到了日本国防部采购, 技术与物流局 (ATLA) 设立的安全性创新科学技术计划的部分支持。

展望未来, 富士通的目标是在2022财年将其新型高散热GaN HEMT放大器商业化, 以用于气象雷达系统和下一代无线通信系统。

[www.fujitsu.com/jp/group/labs/en](http://www.fujitsu.com/jp/group/labs/en)

Web: laytec.de

EpiX 测绘站将 XY 绘图阶段与 LayTec 光谱反射率和光致发光计量系统相结合, 通过非接触测量技术对光学晶圆特性进行全面的2D分析。

## EpiX



## 特点和优点

- 二合一测绘站, 用于进行无损后外延非原位分析
- 多层分析与现场数据的相关性
- 2D 通过/失败分类
- 自动产量分析
- 关于 VCSEL 晶圆级均匀性的完整空间信息

For more information:  
[laytec.de/epix](http://laytec.de/epix)

LayTec AG | Web: laytec.de | sales@laytec.de



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



# semiconductor TODAY

COMPOUNDS & ADVANCED SILICON

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



Join our LinkedIn group: Semiconductor Today



Follow us on Twitter: Semiconductor\_T

Choose *Semiconductor Today* for . . .

semiconductor TODAY  
COMPOUNDS & ADVANCED SILICON  
Vol. 7 • Issue 2 • March/April 2012  
www.semiconductor-today.com

Efficiency drop in nitride & phosphide LEDs  
First single-crystal gallium oxide FET



Graphenics spun off • Emcore sells VCSEL range to Sumitomo Masimo buys Spire Semiconductor • Oclaro and Opnext merge

## MAGAZINE

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

Targeted 82,000+ international circulation

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



## WEB SITE

Average of over 26,000 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