

全球功率 GaN 产业链七大版块及代表厂商一览

来源：《半导体行业观察》，节选

在电源管理领域，随着应用对高压和高性能的要求逐步提升，GaN（氮化镓）越来越受到重视。从理论的角度来看，GaN 提供了超越传统硅 MOSFET 的技术优势。尽管目前的功率 GaN 市场与 32.8 亿美元的硅电源管理市场相比显得微不足道，但 GaN 器件正在向各应用领域渗透，例如，LiDAR，这是高端应用，可充分利用功率 GaN 的高频开关特性。据 Yole Développement 预测，到 2023 年，功率 GaN 市场规模将达到 4.23 亿美元，复合年增长率（CAGR）为 93%。

目前来看，功率 GaN 最大的应用场景仍然是电源，如手机的快速充电。2018 年，Navitas 和 Exagan 公司就推出了带集成 GaN 解决方案的 45W 快速充电电源适配器。

以苹果为代表的智能手机巨头们也对 GaN 的应用潜力高度关注，如果像苹果这样的公司采用 GaN，许多其他公司将会跟进，使得该市场具有极大的发展空间。

在电动汽车市场，GaN 的参与厂商，如 EPC 和 Transphorm，已经获得汽车认证，正在为 GaN 的潜在增长做准备。

功率 GaN 产业链

自商用功率 GaN 器件首次发布以来，已过去 8 年，有越来越多的企业进入该产业链，如 EPC、GaN Systems、Transphorm、Navitas 等。这些初创企业中的大多数都选择代工模式，主要使用台积电（TSMC）、Episil 或 X-fab 作为他们的首选合作伙伴，在此基础上，会有越来越多的代工厂提供这项服务。

与此同时，功率器件行业巨头，如英飞凌，安森美半导体，意法半导体，松下和德州仪器等，也在过去的几年里，特别是 2018 年启动了新的 GaN 项目，引起了业界的普遍关注，例如：

- 1、英飞凌于 2018 年底开始批量生产 CoolGaN 400V 和 600V 电子模式 HEMT 产品；
- 2、意法半导体和 CEA Leti 宣布合作开发基于 200mm 晶圆的二极管和晶体管 GaN-on-Si 技术，并期望在 2019 年验证工程样品。同时，意法半导体将创建一条产线，用于生产 GaN-on-Si 异质外延等产品，将于 2020 年在法国的前端晶圆厂投产。

这里简单解释一下外延（Epitaxy，简称 Epi）工艺，是指在单晶衬底上生长一层跟衬底具有相同晶格排列的单晶材料，外延层可以是同质外延层（Si/Si），也可以是异质外延层（SiGe/Si 或 SiC/Si 等）。实现外延生长有很多方法，包括分子束外延（MBE），超高真空化学气相沉积（UHV/CVD），常压及减压外延（ATM & RP Epi）等。

由于功率 GaN 属于新兴产业，整个产业链还处于发展初期，并不成熟，但基于原有的功率技术和产业功底，产业链也已经基本成型，相关企业也都在各自的领域磨刀霍霍，准备迎接功率 GaN 市场的爆发。

纵观整个功率 GaN 产业链，可以大致划分为七大版块，每部分都有相应的供应商，分别是：硅衬底供应商，硅基 GaN 外延片供应商，功率 GaN 器件代工厂（外延+器件制造），器件设计+GaN 外延制造，Fabless（器件和外延设计），纯代工厂，IDM。

下面我们就逐一介绍一下这七大版块中的代表企业。

硅衬底供应商

德国世创 (Siltronic)

全球第四大硅晶圆厂商，总部位于德国慕尼黑，该公司在德国拥有 150/200/300mm 晶圆产线，在美国有一座 200mm 的晶圆厂，在新加坡则拥有 200mm 和 300mm 产线。

日本信越化学 (Shin-Etsu)

全球集成电路用硅片制造商巨头。信越化学工业株式会社作为一家原材料生产商，从 50 年前推出有机硅制造和销售以来，'信越有机硅'在全世界所开展的最高品质有机硅产品的研究和生产业务取得了良好业绩。

为了满足日益扩大的产品要求，'信越有机硅'在日本、美国、荷兰、中国台湾、韩国、新加坡以及中国浙江和上海建立了全球范围的生产和销售网络，以较低的成本向客户提供高效率的服务。

日本胜高 (Sumco)

Sumco 集团是世界第二大硅晶圆供应商，其硅衬底产能会直接影响未来的 GaN 晶圆市场走势。

SunEdison

SunEdison 前身是始创于 1959 年的美商休斯电子材料公司 (MEMC Electronic Materials Inc.)，是全球光伏行业硅材料鼻祖之一，也是全球最大洁净能源开发商，其资产一度高达百亿美元。

2016 年 8 月，保利协鑫能源控股有限公司宣布，与 SunEdison 签署协议，以约 1.5 亿美元收购后者及其附属企业 SunEdison Products Singapore、MEMCPasadena、Solaicx 的相关资产。

台湾合晶 (Wafer Works)

该晶圆厂通过垂直整合的单晶锭，抛光和 Epi 晶圆生产线，为客户提供各种晶圆解决方案。主要产品为半导体硅晶圆材料、太阳能电池用硅晶圆材料与 LED 产业用的蓝宝石基板。

硅基 GaN 外延片供应商

NTT AT (日本电信公司研究所)

NTT-AT 可提供高质量的 GaN 外延片，确保与 IC 制造商的设计理念保持一致。此外，该公司通过精确控制外延生长条件，并根据 NTT 实验室继承的专有技术和多年积累的技术保持稳定工艺，不断致力于减少漏电流和减少塌陷。

NTT-AT 已经准备了适合研发高均匀性要求和商业产品稳定批量生产的晶圆生产系统。NTT-AT 是 IC 制造商的合作伙伴，可为客户提供 GaN HEMT 外延片。

日本 DOWA

是一家化合物半导体供应商，提供用于激光器与传感器的镓系列半导体材料、红光及红外发光二极管 (LED) 等产品，并在用于高功率半导体的氮化物半导体，以及用于杀菌设备的深紫外 LED 等发展潜力较大的领域开发新的产品。

IQE (Integrity, quality and expertise)

是总部位于英国威尔士加的夫的半导体晶圆产品和经营服务供应商。

EpiGaN

EpiGaN 成立于 2010 年，总部位于比利时东部哈瑟尔特市，是全球知名的微电子产学研中心 IMEC 的衍生公司，拥有顶尖的团队和强大的自主研发能力。该公司已经实现了 8 英寸硅基氮化镓晶圆工业量产，与主流的 6 英寸产线相比，其生产工艺处于行业先进水平。

EpiGaN 的主要产品为硅基氮化镓 (GaN-on-Si) 和碳化硅基氮化镓 (GaN-on-SiC) 外延片，广泛应用于 5G 通讯、高效电力电子、射频功率、传感器等领域。主要合作伙伴包括欧洲航天局、博世、英飞凌、IBM、艾默生、OMMIC 等知名机构和企业。

该公司是欧盟在 2018 年 1 月份启动的为期 36 个月的欧盟研究项目 SERENA (硅基高效毫米波欧洲系统集成平台) 的重要成员。

功率 GaN 器件代工厂 (外延+器件制造)

EPISIL (汉磊先进投资控股公司)

前身为汉磊科技公司，主要业务为功率半导体的晶圆代工。为了强化在功率半导体领域的布局，于 2014 年 10 月转型成立投资控股公司，同时将磊晶及晶圆代工两个事业部，独立为两家子公司。

汉磊投控及其子公司全力投入创新技术及产品的开发，GaN 及 SiC 功率半导体元件的开发量产，即是该公司积极投入能源产业的证明。

BRIDG

拥有 8 英寸晶圆制造能力，位于美国佛罗里达，专注于智能传感器，成像器，先进设备和 2.5D / 3D 芯片集成的先进技术的开发和制造。

此外，FUJITSU (富士通) 和台积电也提供功率 GaN 器件代工 (外延+器件制造) 服务。

器件设计+GaN 外延制造

Transphorm

美国 Transphorm 是一家设计、生产氮化镓功率转换器和模块的企业。

该公司创始人 Primit Parish 和 Umesh Mishra 早年创办并成功运营了一家名为 Nitres 的 GaN LED 公司，在 Nitres 被 Cree (科锐) 收购后，2007 年，两人便联合创办了 Transphorm。十年来，Transphorm 一直专注于将高压 GaN FET 推向市场。致力于为电力电子市场 (数据中心服务器、PV 转换器、感应/伺服电机、工业及汽车等商业供电市场) 设计、制造和销售 GaN 产品。

2013 年，Transphorm 推出了当时业内唯一经过 JEDEC 认证的 GaN 器件。2017 年 3 月，又推出了市场上仅有的一款经过 AEC-Q101 认证的 650V 车用 GaN 器件。

Exagan

在研究机构 CEA-Leti 与半导体材料公司 Soitec 支持下, Exagan 于 2014 年创立, 致力于加速电力电子产业, 从硅为基础的技术转移至硅上氮化镓的技术 (GaN-on-silicon technology), 以使电能转换器体积更小、更有效率。

Exagan 的氮化镓电源开关设计能在标准 200mm 晶圆厂制造, 透过强大的供应链提供高效能、高可靠度的产品。其 G-FETTM 与 G-DRIVETM 产品线可提供极高效能、极低耗损的电能转换, 大幅增加电能转换元件的使用效率, 并能应用于如太阳能、工业、汽车与通讯等多个领域。

Exagan 的 200mm 氮化镓策略伙伴包含 X-FAB Silicon Foundries 和国际级研究机构 CEA-Leti, 品质控管与测试则与 TÜV NORD GROUP 合作。

Exagan 的主要据点在法国格勒诺布尔 (Grenoble) 与土鲁斯 (Toulouse)。

Fabless (器件和外延设计)

GaN Systems

GaN Systems 可以设计更小, 更低成本, 更高效的功率 GaN 器件。该公司通过改变晶体管性能, 可帮助电力转换客户企业改变其行业规则, 实现共赢。

Navitas Semiconductor

成立于 2014 年。

如果高开关频率可以与高能效相结合, 则电力系统可以在充电速度, 功率密度和成本降低方面实现显著改善。Navitas 通过业界首款 GaN 功率 IC 的发明实现了这一革命, 该功率 IC 可将开关速度提高 100 倍, 同时节能 40% 或更多。该公司名称 Navitas 的起源是拉丁语的“能源”。

VisIC Technologies

总部位于以色列耐斯兹敦那, 2010 年由一群 GaN 技术专家创立, 旨在开发和销售基于氮化镓的先进功率转换产品。VisIC 已经成功开发了基于氮化镓的大功率晶体管和模块。VisIC 已经获得了氮化镓技术的保护专利, 目前还在申请其它专利。

VisIC 的独特专有技术是以氮化镓晶体管知识为基础, 利用 GaN 模具设计高效和高级封装, 制造性价比高、尺寸小、性能极佳的器件。

其 ALL-Switch 系列是系统级封装 (SIP) 开关。在封装内整合安全功能, 导通电阻低, 尤其是快速切换性能极佳、占空小。ALL-Switch 产品非常适用于对高效率、高功率密度和低成本要求严格的应用。

宜普电源转换公司 (EPC)

EPC 是基于增强型氮化镓的功率管理器件供应商, 是首家推出替代功率 MOSFET 器件的硅基增强型氮化镓 (eGaN) 场效应晶体管企业, 其目标应用包括直流-直流转换器、无线电源传送、包络跟踪、射频传送、功率逆变器、激光雷达 (LiDAR) 及 D 类音频放大器等, 器件性能比硅功率 MOSFET 器件高出很多。此外, EPC 正在扩大基于 eGaN 的产品线, 可为客户提供进一步节省占板面积、节能及节省成本的解决方案。

Dialog

总部位于英国伦敦的 Dialog 半导体公司，于 2016 年下半年，开始向快速充电电源适配器厂商提供 GaN 电源 IC，Dialog 公司的企业发展和战略高级副总裁 Mark Tyndall 当时表示：“当台积电开始在 6 英寸晶圆上提供 GaN 时，我们发现这是一个信号，说明进入 GaN 市场的时机成熟了。”

自那以后，Dialog 一直与台积电合作，致力于将高电压 GaN 电源 IC 和控制器推向市场。Dialog 的电源管理 IC 和数字“RapidCharge”电源转换控制器相结合，可以提供与现有硅 FET 相比更高效、尺寸更小、功率密度更高的电源方案。

GaNPower International

该公司通过整合和利用其在 GaN HEMT 功率器件设计、控制器和驱动器 IC 设计，以及电力电子系统设计方面的优势，正在创建一个垂直整合的设计价值链，为客户提供先进的产品。

该公司的产品优势包括：高开关频率允许通过降低晶体管成本和使用更小的无源元件来显著降低制造成本。这也意味着使用 GaN 晶体管的电力电子系统可以实现更高的功率密度，体积小，重量轻。

此外，GaN 材料出色的热性能允许更小甚至无需散热器，进一步减小了尺寸和重量，并降低了总成本。

除了以上企业，Tagore Technology 也是一家专注于功率 GaN 的 Fabless。

纯代工厂

X-Fab

X-Fab 的总部设在德国爱尔福特，主要代工生产模拟和混合信号集成电路，以及高压应用的 GaN 和 SiC 解决方案。

X-Fab 在 2017 年的销售额为 4200 万美元，2016 年的销售额为 3800 万美元。

世界先进 (VIS)

于 1994 年 12 月在中国台湾新竹科学园成立。是特殊工艺 IC 制造服务的领先厂商。世界先进目前拥有三座八吋晶圆厂，2018 年平均月产能约十九万九千片晶圆。

世界先进充分运用既有技术核心专长，配合产业及市场增长需求，持续增加产品及制程研发投入，在功率器件方面，目前持续研发的制程技术包括高压制程 (High Voltage)、超高压制程 (Ultra High Voltage)、BCD (Bipolar CMOS DMOS) 制程、SOI (Silicon on Insulator) 等，而功率 GaN 和 SiC 也是该公司重点开发的业务版块。

GCS (环宇通讯半导体)

1997 年成立于美国加利福尼亚，是经过 ISO 认证的、提供 III-V 族化合物半导体 (砷化镓、磷化铟、氮化镓) 纯专业晶圆制造服务厂商，所制造的产品包括用于无线通讯市场的射频 IC 和毫米波电路，以及用于功率电子市场的功率元件等，其中就包括功率 GaN 代工服务。

此外，行业知名的特种工艺晶圆代工厂 TowerJazz 也提供 GaN 代工服务。

IDM

意法半导体 (STMicroelectronics, ST)

该公司正在将产品组合扩展至 GaN 领域。去年 9 月，意法半导体展示了其在功率 GaN 方面的研发进展，并宣布将建设一条新产线，生产包括 GaN-on-Si 异质外延在内的产品。

该公司于 2018 年与 CEA-Leti 展开功率 GaN 合作，主要涉及常关型 GaN HEMT 和 GaN 二极管设计及研发，这将充分发挥 CEA-Leti 的知识产权和意法半导体的专业知识 (Know-how)。ST 在位于法国格勒诺布尔的 CEA-Leti 中试线上研发产品，并在技术成熟后转移至意法半导体的 8 英寸量产线 (也在法国)。

此外，意法半导体还在与 MACOM 合作研发射频 GaN 产品。

英飞凌

2014 年 9 月，英飞凌以 30 亿美元收购美国国际整流 (IR) 公司，通过此次并购，英飞凌取得了 IR 的 Si 基板 GaN 功率半导体制造技术。IR 于 2010 年推出了第一批商用化的 GaN 产品 iP2010 和 iP2011，用于多相和 POL 的 DC-DC 转换器、开关和服务器等。2013 年 5 月，IR 开始 Si 上 GaN 器件的商业化。

2015 年 3 月，英飞凌和松下达成协议，联合开发采用松下电器的常闭式 Si 基板 GaN 晶体管，与英飞凌的表贴 (SMD) 封装的 GaN 器件，推出高效 600V GaN 功率器件。松下向英飞凌授予了使用其常闭型 GaN 晶体管结构的许可。按照协议，两家公司均可生产高性能 GaN 器件。

英飞凌于 2018 年底开始量产 CoolGaN 400V 和 600V 增强型 HEMT。

安森美半导体

在功率 GaN 研发方面，安森美正在与 Transphorm 合作，共同开发和推广基于 GaN 的产品和电源系统方案，用于工业、计算机、通信、LED 照明及网络的各种高压领域。2017 年，两家公司联名推出了 600 V GaN 级联结构 (Cascode) 晶体管 NTP8G202N 和 NTP8G206N，两款器件的导通电阻分别为 290 m Ω 和 150 m Ω ，输出电容分别为 36 pF 和 56 pF，反向恢复电荷分别为 0.029 μ C 和 0.054 μ C，采用优化的 TO-220 封装，易于根据客户现有的制板能力集成。

基于同一导通电阻等级，该公司第一代 600 V 硅基 GaN 器件已比高压硅 MOSFET 提供好 4 倍以上的门极电荷、更好的输出电荷、差不多的输出电容和好 20 倍以上的反向恢复电荷，通过继续改进，未来 GaN 的优势将会越来越明显。

德州仪器 (TI)

TI 的 GaN 系列解决方案集成了高速栅极驱动器、EMI 控制、过热和过流保护，同时具有 100ns 的响应时间。集成式器件使布局得以优化，能够最大限度地减少寄生电感、提高 dv/dt 抗扰性 (CMTI)，并缩小布板空间。

松下 (Panasonic)

在 GaN 开发过程中，Panasonic 解决了很多课题。特别是其 X-GaN 系列，优点突出，主要体现在以下 3 个方面：安全 (实现常关)；和 Si-MOSFET 相同的驱动方法 (不容易坏的栅极)；易于设计 (无电流崩塌)。

X-GaN 采用 HD-GIT 结构，从小功率到大功率设备，可提供最合适的封装选择。小功率提供 DFN6x4，中大功率提供 DFN8x8，大功率提供 PSOP 封装。另外，其所有产品都可采用 Kelvin Source，可以把源极寄生电感降到最小，实现高频稳定工作。

结语

以上为全球功率 GaN 产业链上的七大版块及各自的代表企业，从中我们可以看出，功率 GaN 技术、产品及市场主要还是掌控在美、日、欧企业手中，相对而言，我国本土企业规模和影响力还较小。但在巨大市场发展潜力的带动下，我国一批功率 GaN 企业也在奋起直追，并开始逐步填充和健全我国的 GaN 产业体系。希望在不久的将来能与上面这些跨国企业一争高下。