

# 探索可能性 迈向 5G 之路






我们热衷于  
解决棘手的  
难题

**QORVO**  
all around you

**5G RF 挑战让您  
陷入困境？  
交给我们吧。**

Qorvo 正鼎力协助开展大量 5G 网络现场试验，并发布了全球首个 5G 移动前端。我们是您的智慧合作伙伴，帮您解决 RF 的所有问题，随时准备助您成就 5G 之路。



**5G**

 **Smartner™ 崛起之路。**

访问 [qorvo.com/smartner](http://qorvo.com/smartner)，了解更智慧的合作伙伴关系。

# 5G: RF 的未来

## 超越智能手机，迈向“万物智能”

在 Qorvo，我们的目标是提高生活品质、解决问题和简化方案。我们立足于通信中心帮助客户，构建能够满足互联世界不断增长需求的解决方案。我们帮助构建全球 5G 标准，打造新一代连接的平台。我们提供从无线基础设施到移动设备均支持 5G 端到端部署的 RF 核心技术和创新产品。我们与客户、运营商和标准机构合作，让理想变为现实。

## 什么是 5G?



5G 有着超大宽带容量，可以实现移动无线技术前所未有的 3.4 GHz 以上频率，甚至可以达到并超过 30 GHz。



5G 无线基础设施采用波束控制和大功率 GaNk 元件，基于国防领域的相控阵天线技术。



5G 能够异常高效地处理数据流，充分利用载波聚合和大规模 MIMO 的优势。



5G 可实现低延迟实时连接，助力无人驾驶汽车和增强现实/虚拟现实的发展。



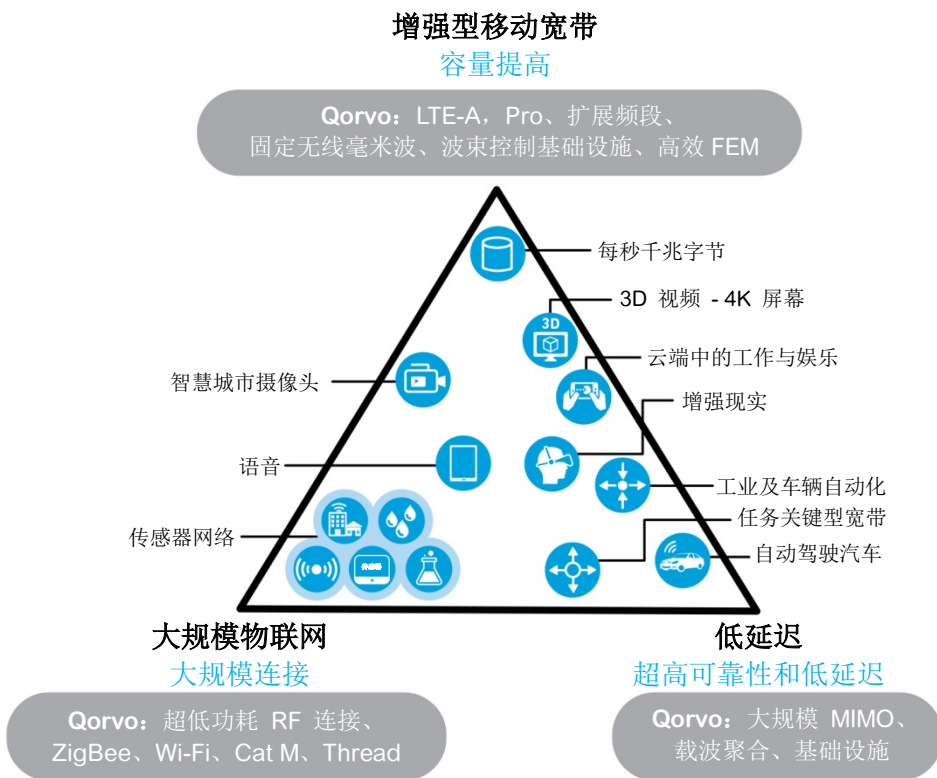
5G 采用固定无线接入，可提供更多选择，让千家万户和公司企业实现 1 Gb/s 的连接速度。



5G 是物联网的关键技术，未来 10 年可连接超过 1 万亿台设备到互联网。

## 融合 5G 的各种用途

Qorvo 融合所有 5G 应用实例的 RF，而不仅仅是手机和 Wi-Fi。



(数据来源: Qorvo, Inc., 根据 ITU-R IMT 2020 要求)

# 氮化镓 (GaN): 实现 5G 的关键技术

作者: David Schnauffer 和 Bror Peterson, Qorvo



## 引言

运营商提供商经常谈论他们各自的网络如何提供更高的容量、更低的延迟和无处不在的连接。虽然当今的网络必然优于比前几代,但当提到 5G 的承诺、小于 1 毫秒的延迟、100 倍的网络能量效率、20 Gbps 的峰值数据速率以及 10 Mps/m<sup>2</sup> 的区域流量容量,提供商们仍大有可为。5G 预定在 2020 年进行商业发布,预计可以提供所有这些显著的优势,包括更“绿色”和高效的通信网络。

## 氮化镓的优异特性

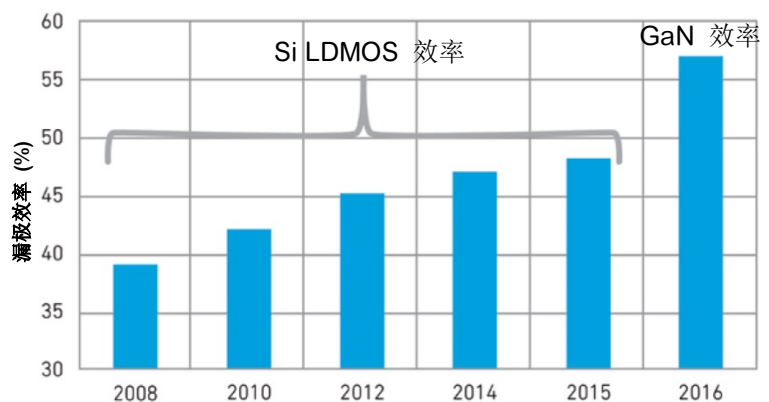
在上一篇季度文章中,我们讨论了电信行业专注于提高能源效率以实现“绿色”通信的各种方法。我们探讨了 MIMO、波束形成和小基站是如何提高效率并使电信网络整体更环保的。同时我们还强调了有多少网络能源消耗来自 RF 链。

那么,我们如何实现 RF 链 5G 目标和“绿色”网络目标?

进入 RF GaN 的世界,这项高效、宽带隙、可靠的功率 PA 技术使网络效率逐年大幅提高。如下图所示,在基站收发台 (BTS) 生态系统中引入 GaN 后,前端效率大幅提升,使其成为适合高功耗和低功耗应用的一项全新首选技术。

GaN 具有优异的特性,包括高功率密度、高功率附加效率 (PAE)、高增益以及易于实施阻抗匹配,可提高 RF 链的整体效率。就像一级方程式赛车的设计师一样,无线工程师也可细致地调整和调节他们的 RF 系统来逐步优化性能。从一开始就采用基础更好的半导体技术,可以在大幅提升能源效率的同时实现性能目标。

功率放大器在回退 8dB 时的效率



GaN 进入基站市场领域提升了效率,进而大幅节约电力和能源。

## 5G 和 GaN

4G LTE 网络的扩建趋于成熟，但是要缩小与 5G 的差距，还需要进行多次升级。目前我们正处于 5G 定义和概念验证阶段，但是像 Verizon 这样的公司正在加快时间表以实现专注于固定无线接入的早期部署。

早期的 5G 试验开始于 2013 年，现在经常会有早期试验和近期实验中的数据发布出来。

那些在毫米波 (mmWave)、大规模 MIMO 天线阵列和波束形成方面提供可观结果的关键技术已经进入预商用开发阶段。所有的基站 OEM 已进入产品试用模式。像高通、英特尔这样的公司正在测试支持 5G 的调制解调器，例如在 28 GHz 频段工作的 X50 调制解调器。Qorvo 和 NanoSemi 已针对适用于大规模 MIMO 应用的 GaN 设备的超宽带线性化结果发布演示数据。

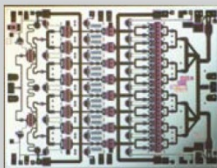
这些前瞻性公司正在探索主要的 5G 系统架构、频段和使能技术，以寻找成本、性能和复杂度的适当平衡。

为了满足多样的 5G 要求，GaN 制造商需要提供跨越宽频率和功率水平范围的多个变体。

### GaN 为 5G 提供单片前端解决方案

更高功率密度 → 小尺寸 → 小型化和轻松集成

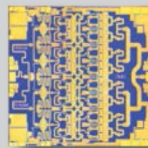
0.25 毫米 pHEMT  
PD: ~650 mW/mm



4.3 × 3.0 毫米

2002

0.15 毫米 pHEMT  
PD: ~800 mW/mm



3.0 × 2.9 毫米

2005

0.15 毫米 GaN HEMT  
PD: >2800 mW/mm



2.6 × 0.9 毫米

4 倍功率密度时尺寸缩小 82%

GaAs 现在 GaN

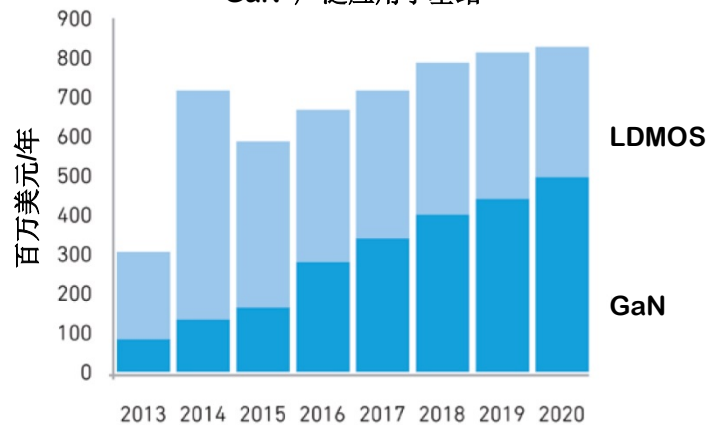
- GaN 技术降低了设计的复杂性
- 高频商业市场取得成功的必要条件

GaN 非常适合提供毫米波领域所需的高频率和宽带宽。它可以满足性能和小尺寸要求，如上图所示。使用毫米波频段的应用需要高度定向的波束形成技术（波束形成将无线电信号聚焦成强指向性的波束，从而提高功率并最大限度地减少用户设备上的干扰）。这意味着 RF 子系统将需要大量有源元件来驱动相对紧凑的孔径。

GaN 非常适合这些应用，因为以小封装尺寸提供强大性能是其最显著的特点之一。

到 2020 年，当 5G 趋于成熟时，我们都会发现其所带来的功能和优势。如今，各种试验、计划、讨论和演示不断推动着 5G 标准的定义。但明天，我们的日常生活将随处可见低于 1 毫秒的延迟和极高的容量。无论结果如何，GaN 无疑都将成为 5G 应用中的关键技术。

### GaN 广泛应用于基站



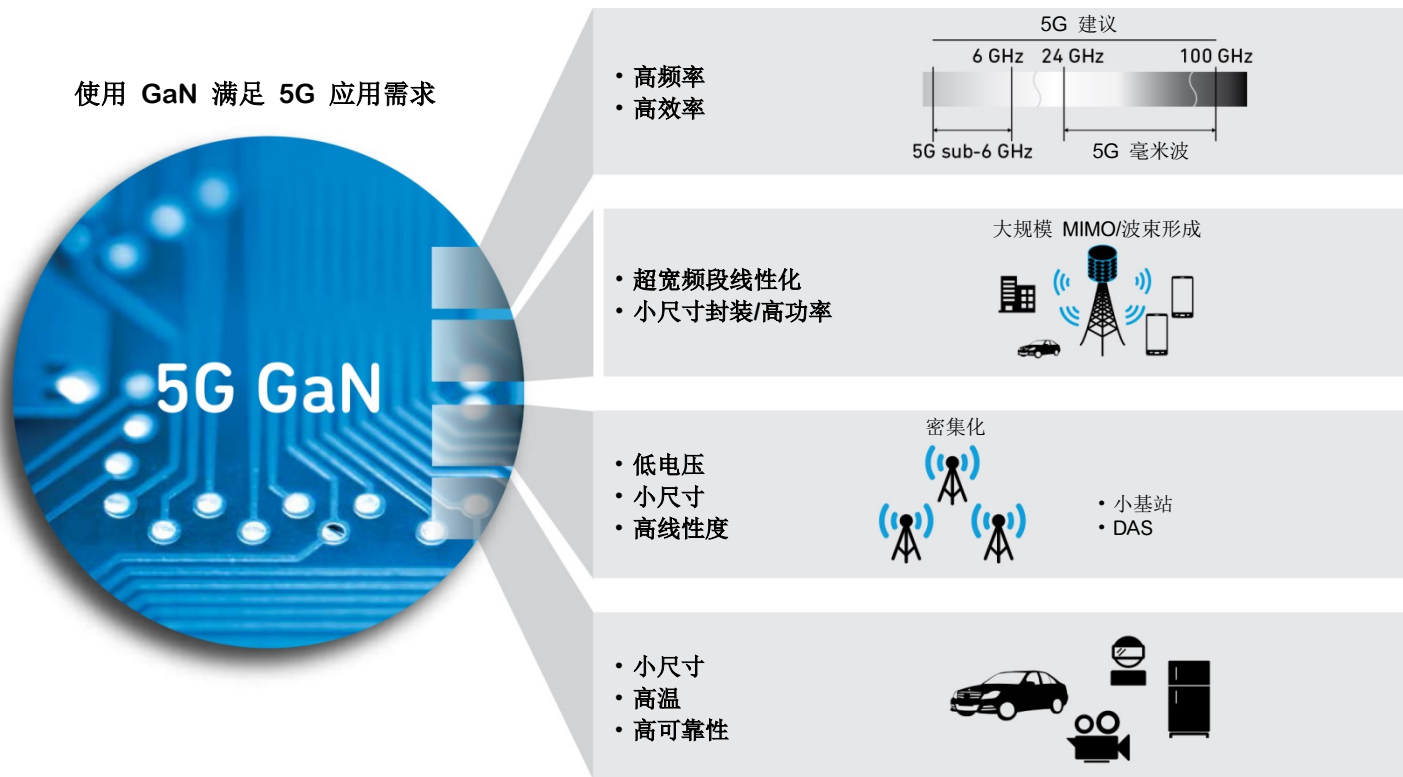
数据来源：《化合物半导体》

有了多个 GaN 工艺可供选择，设计人员可以将 GaN 技术与应用进行最优匹配。以下图表说明了 Qorvo 在这个领域的能力。

未利用的频谱、高吞吐量和低延迟目标的激励因素正在吸引开发人员向更高的毫米波频段迁移。毫米波频谱频段提供的带宽是目前 4G 频段 (<4 GHz) 的 10 至 30 倍，而网络容量与可用的带宽成正比。

# GaN: 不再只是国防领域

作者: Qorvo 资深战略营销主管 Scott Vasquez



## 引言

氮化镓曾经被认为是一种仅用于电子战 (EW) 和干扰机等国防计划的技术, 如今, 它在商业应用中的成本优势和关键优势变得越来越明显。

尤其对于电信网络, 以及日益旺盛的以更快速度向更多位置提供更多数据的需求, 更是如此。

GaN 是一种 III/IV 直接带隙半导体, 通常用于 RF 放大器、开关、低噪声放大器和功率电子设备。GaN 已经成为需要长距离传输信号的高 RF 功率应用, 如 EW、雷达、基站、卫星通信等的首选技术。

碳化硅基氮化镓 (SiC) 拥有许多优势, 包括更高功率密度、效率以及更出众的热属性, 可实现更高的可靠性和支持更高操作温度。但直到最近, GaN 才在政府和国防领域之外得到了广泛的应用。

## 塑料封装

设备封装技术是在过去几年中让 GaN 成本与市场容量保持一致的关键因素。采用小型轻质塑料封装的高功率 GaN MMIC 功率放大器可以改进许多商业应用的尺寸、重量和功率 (SWaP) 性能, 从而以极具竞争力的价格来优化系统性能。符合 HAST 规范的 GaN 裸片使得塑料封装变得非常实用。

在宽带电缆中, GaN 已经用于 DOCSIS 3.1 升级产品中。多系统运营商 (MSO) 可利用 GaN 封装和集成创新技术在现有产品尺寸范围升级设备, 从而节省安装时间和成本, 同时提高性能。

采用高级封装技术的 GaN 也可部署在商业无线基础设施应用中, 如小基站和蜂窝基站。目前看来 GaN 会成为适用于 5G 和下一代移动通信的关键技术。

## 充分做好全部准备，全面解决 5G RF 问题

5G 计划在 2020 年进行商业发布，预计可以提供一些显著的优势，包括更高的容量、更低的延迟和无处不在的连接。在电信网络中，有许多网络能源消耗都来自 RF 链。GaN 具有优异的特性，包括高功率密度、高功率附加效率 (PAE)、高增益以及易于实施阻抗匹配，可提高 RF 链的整体效率。

必须考虑所有  
频段



只有 Qorvo 能够提供覆盖低频段、中频段和高频段的完整解决方案

必须拥有载波聚合、  
更高的调制水平和  
大规模 MIMO



只有 Qorvo 拥有滤波器、高效功率放大器、多路复用器和高性能天线开关

必须符合标准  
要求



Qorvo 积极参与 3GPP 和定义标准的中国移动 5G 联创中心的各项工作

必须拥有基础  
设施



只有 Qorvo 兼具国防和移动领域无线基础设施所需的 GaN 功率和波束控制的经验

RF 复杂性只会不断增加，Qorvo 将是智慧合作伙伴

## 手持设备

智能手机和平板手机已经成为我们互联生活的核心，亦是实现高级娱乐消费、联接移动服务和远程管理智能家居不可或缺的手段。这意味着移动设备要在相同或更小空间内处理更多的 RF 频段，实现更广泛的范围、更可靠的连接和更好的电池使用寿命，并且不会让设备产生过多热量。

GaN 本身比其他竞争技术具有更高的效率，从而可降低系统功耗。最大程度降低功耗可减少热管理的挑战，最终会提高电池使用寿命以及智能手机或平板手机等用户设备的整体性能。

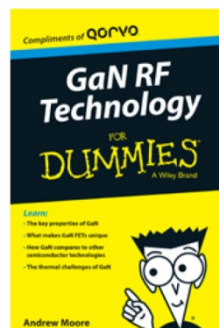
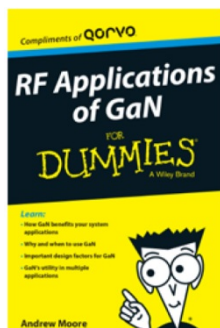
## 其他 5G 应用

除了在高温环境中运行的特性，GaN 非常适合许多不同的应用，从被动制冷、全户外塔顶基站电子设备到汽车应用以及电缆盒等。拥有广泛的 GaN 技术选择将意味着全球范围内更多的应用需求得到满足。

GaN 的优越性能正在推动其在基站领域的应用。战略分析目前预测，未来四年内蜂窝基础设施将成为 GaN 的最大商业细分市场。目前，5G 将继续扩展 GaN 在商业通信系统中的应用。

## GaN 电子书

欲下载本书，请访问  
[www.qorvo.com/gan-for-dummies](http://www.qorvo.com/gan-for-dummies)



# 小基站助力 5G 连接

作者: Qorvo 无线基础设施产品线总监 Tuan Nguyen

小基站取得成功的关键，也是可提升无线网络服务品质的因素，就是涉及许多不同技术的高频组件。

随着越来越多的用户选择无线通信服务，室内和室外的无线网络容量需求都在不断增长。这种网络密度和密集化将给无线运营商进一步施加压力，迫使他们满足不断增长的语音、视频和数据频率带宽消耗需求。这还迫使那些运营商扩展其蜂窝/无线基础设施，并且尽可能减少成本增加和对无线客户服务的中断影响。因此，许多运营商正在转而寻求小基站解决方案。

5G 无线网络的推出将会满足更高的容量和数据需求，但这些网络离我们还有几年时间。因此，继续使用当前 4G 无线网络的更实用的方案就是使用小基站，这可作为附加到现有无线网络的微型基站。它们的工作功率水平相对较低，可填充室内和室外无线覆盖范围内的任何“空洞”。

无线用户需求的数量级正在不断增长，其中一个例子就是，参加在加利福尼亚州圣克拉拉市举办的美国国家橄榄球联盟 (NFL) 2016 年超级碗冠军赛的粉丝仅仅在 Verizon 无线网络中就消耗了超过 7 TB 数据，这接近于 2015 年超级碗比赛期间所用数据的三倍。粉丝们通过智能手机和许多其他特别的无线设备连接网络。他们受益于通过小基站、宏蜂窝和移动蜂窝站点支持的 4G 长期演进 (LTE) 技术所实现的超大容量（参见 Verizon Wireless 在 2016 年 2 月 8 日发布的新闻）。

## 小基站 + DAS 解决方案

我们正在使用小基站和分布式天线系统 (DAS) (图 1) 在 5G 无线网络中实现更高数据容量，同时提高这些网络中的服务品质 (QoS)。但是，由于密集性会干扰并在小基站和宏网络之间带来移动性交接挑战，所以需要精心地设计和管理网络。

### 5G 的演变

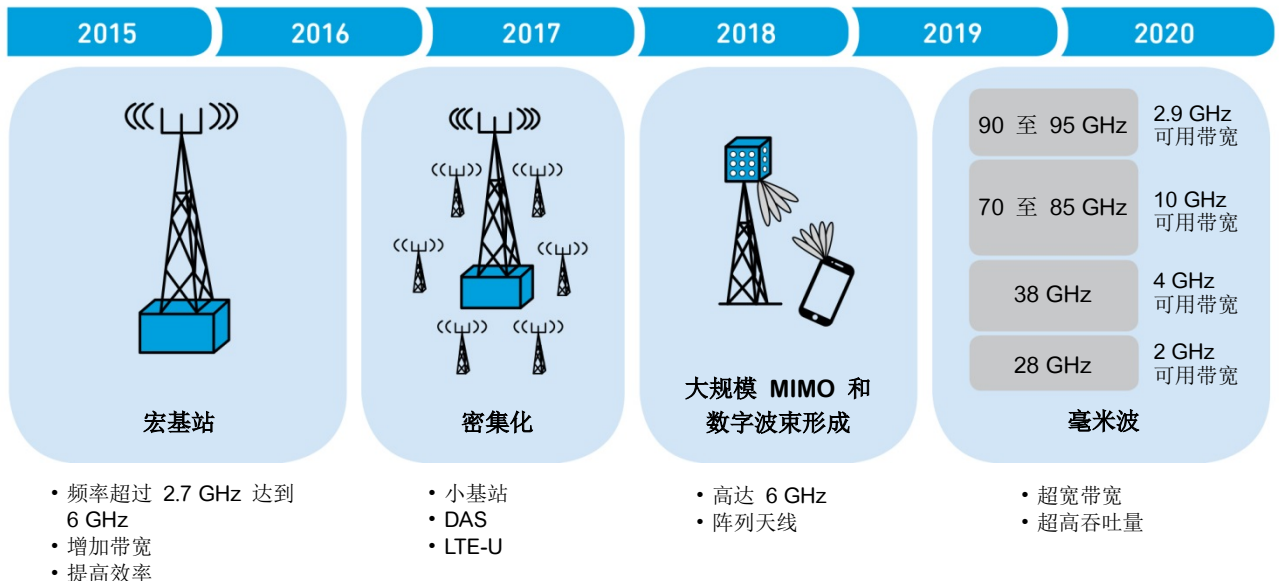


图 1. 我们需要许多技术来优化 5G 无线网络中的性能，包括分布式天线系统 (DAS)、毫米波技术和小型蜂窝基站。



将移动通信设备从宏蜂窝环境迁移至小基站覆盖区域时，网络需要采用瞬时转接配置。小基站相对较低的功率水平可以让移动设备靠近它们。它们将获取网络访问权限，同时节省电池使用寿命，并且不需要以随距离下降的传输水平与更远距离的更大蜂窝基站建立无线电通信链路。移动设备的用户也将受益于更高的数据速度、移动性和灵活性，这是因为小基站和 DAS 解决方案支持多个标准，如第三代 (3G) 和 4G 蜂窝，并且可以与 LTE Advanced (LTE-A) 系统实现载波聚合。

多用户多路输入多路输出 (MIMO) 方案、波束控制和相控阵等天线技术可帮助提供额外的无线覆盖范围，以及多频段 3G 和 4G 系统互操作性。大规模 MIMO 方法使无线网络运营商可以提高数据速率和网络容量，因为它可以使用基站和用户设备上的多根天线，在同一频段传输多个空间上相互隔开的数流。

大规模 MIMO 基站寻求支持 16 条至 256 条通道，要求基站设计师努力在更小的组件尺寸中实现节能高效的热管理。因此，高效节能半导体技术对这些基站非常有吸引力。

表 1：小基站预测

蜂窝类型	输出功率 (W)	蜂窝半径 (km)	用户	地点
毫微微蜂窝	0.001 至 0.25	0.010 至 0.1	1 至 30	室内
微微蜂窝	0.25 至 1	0.1 至 0.2	30 至 100	室内/室外
微蜂窝	1 至 10	0.2 至 2.0	100 至 2000	室内/室外
宏蜂窝	10 至 50 以上	8 至 30	2000 以上	室外

高度集成的半导体也有助于在相对较小的基站中实现更多通道。把 256 个发射通道挤进一个基站，需要一个子系统，把功率放大器 (PA)、低噪声放大器 (LNA) 和开关封装到紧凑的模块中，并使用小尺寸滤波器解决方案。

## 技术集锦

如表 1 所示，小基站的输出功率水平、覆盖范围和服务用户数量各不相同。为了实现最佳性能和功效，小基站中使用的这些子系统必须根据不同的工艺技术组合多个组件。例如，PA 可能会提供合适的输出功率和功效。

滤波器可能会需要第三种技术，尤其是可能出现极端温度和湿度的操作条件。Qorvo 的温度稳定型体声波 (BAW) LowDrift™ 滤波器提供了一个解决方案，可滤除高功率信号，同时避免干扰相邻频段。

表 2：适合小基站的功率放大器

功率放大器型号	频率范围 (MHz)	平均输出功率 (dBm)
TQP9218	1805 至 1880	+24
TQP9418	1805 至 1880	+27
QPA9219	1930 至 2000	+24
QPA9419	1930 至 2000	+27
TQP9221	2010 至 2170	+24
TQP9421	2010 至 2170	+27
TQP9224	2300 至 2400	+24
TQP9424	2300 至 2400	+27

除了无线基础设施设计中需要的不同组件，如滤波器、开关和 LNA，Qorvo 还为小基站开发了一系列高度集成的功率放大器。这些功率放大器不需要线性化，并且具有片上偏置控制功能和温度补偿电路，可进一步简化小基站的设计。驱动一个 20 Mhz 宽的 LTE 信号时，可提供 +24 或 +27 的平均线性输出功率（表 2）。这些功率放大器还可在低成本表贴 (SMT) 封装中集成两级放大器增益。

例如，TQP9218 型是一款 0.25 W (+24 dBm) 功率放大器，设计用于工作频率为 1805 至 1880 Mhz 的小基站。它可在频率范围内提供 31 dB 的小信号增益，提供内部阻抗匹配、片上偏置控制电路和温度补偿电路，全都封装在一个 7×7 毫米、符合 RoHS 规范的 SMT 机壳内。这款功率放大器可实现 16% 的功率附加效率 (PAE)，并且仅从 +4.5 V 直流电源中消耗 240 mA 的静态电流。

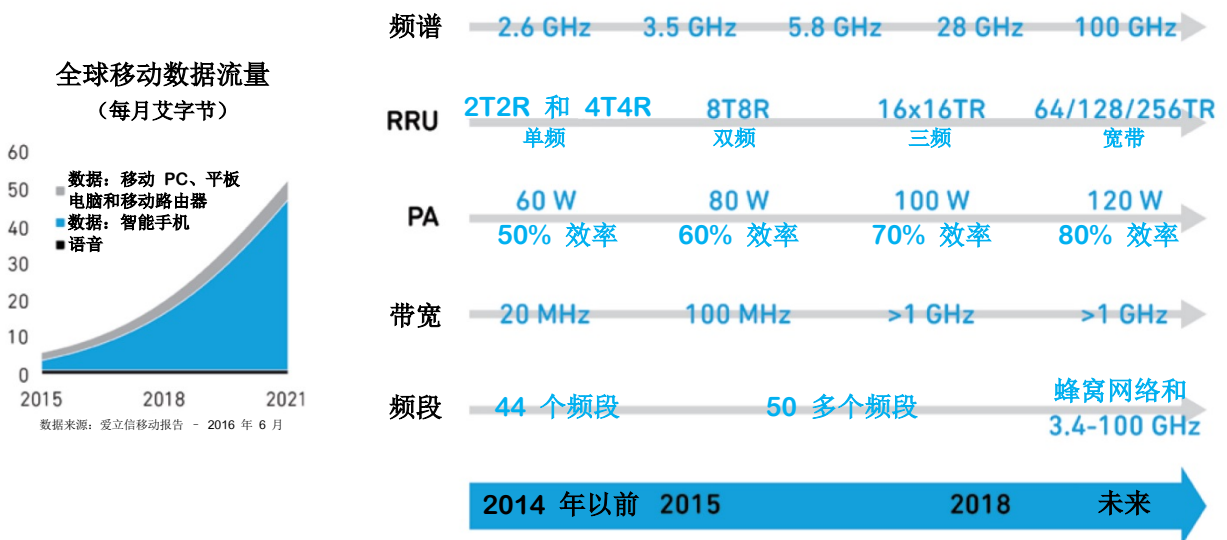
# 利用 GaN 技术实现 5G 移动通信： 为成功奠定坚实基础

作者：Qorvo 已退休的高级研发总监 Doug Reep

Qorvo 密切关注着新兴的 5G 标准。令人兴奋的是，5G 可能包括适用于高数据带宽连接的毫米波功能。随着 PC 电路板空间日益紧凑且 5G 环境中的频率越来越高，GaN 技术对于 RF 应用来说越来越具有吸引力。

## 迈向 5G 之路

与 GaAs、硅或其他传统半导体材料相比，GaN 将在 5G 网络应用中大放异彩，如高频和尺寸受限的小基站。如下图所示，随着标准向 5G 演变，无线网络的强化会驱动许多技术进步。



谈及新兴的毫米波标准时，GaN 较之现在的技术具有明显的优势。GaN 能够提供更高的功率密度，具有多种优点：

- 尺寸减小
- 电流消耗减少
- 系统效率提高

我们已经目睹 GaN 在 4G 基站方面的优势，在这一领域中，GaN 已经开始替代硅 LDMOS。对于 5G 来说，GaN 在高频范围内工作的能力有助于其从基站演变至小基站应用，从而进入移动设备。

## 越过基础设施：将 GaN 应用到移动电话

首款 GaN 应用是针对大功率军事使用开发的，例如雷达或反 IED 干扰机，然后逐渐扩展至商用基站和有线电视转播机。这些应用的典型工作电压范围为 28 至 48 V。

但是，手持式设备的平均电压范围为 2.7 至 5 V。因此，要在上述低压水平下操作 GaN，我们需要研究不同类型的设备。采用替代材料的 GaN 器件正在研发，以在低压下有效工作。

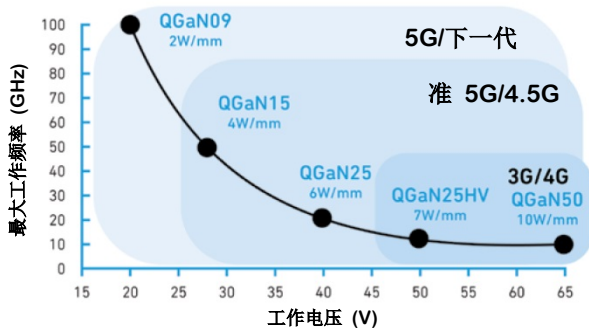
## Qorvo 面向 5G 开发 GaN

如下图所示，Qorvo 目前拥有广泛的生产核可 GaN 铸造流程，可用于制造 5G 应用产品：

- 更高电压，更低频率：随着频率降低，我们的 0.25  $\mu\text{m}$  高压技术（即 QGaN25HV）开始发挥作用。QGaN25HV 使我们能够通过 0.25  $\mu\text{m}$  器件升高至 48 V，实现高增益和功率效率。QGaN25HV 非常适合迈向 6 GHz 的 5G 基站。在 L 和 S 频段之间的较低 4G 频率下，我们最大功率密度的 0.5  $\mu\text{m}$  技术可达每毫米 10W。
- 高频应用：我们目前的 GaN 工艺产品组合包括针对更高频率的 0.15  $\mu\text{m}$  或 150 纳米技术。0.25  $\mu\text{m}$  技术非常适合 X 至 Ku 频段的应用。0.25  $\mu\text{m}$  技术还可提供高效的功率放大器功能。

GaN 工艺能为 5G 移动电话带来哪些优势呢？正如我们所见，随着频率标准越来越高（Ka 频段或毫米波），低压 GaN 工艺需要进一步发展。

Qorvo GaN 技术线路图



## 解决 GaN 和 5G 的封装和散热难题

将 GaN 应用于 5G 的最后一步在于高级封装技术和热管理。用于高可靠性军事应用的 GaN 器件一般采用陶瓷或金属封装；但是，商用 5G 网络基础设施和移动电话则需要更小巧、更低成本的超模压塑料封装，才可与采用塑料封装的现有硅基 LDMOS 或 GaAs 器件竞争。同样，移动电话注重低成本模块，包括与其他技术组合的 GaN，其与目前的产品并无二致，但也需要非常紧凑、高效的毫米波材料和器件。

基础设施挑战是开发合适的封装，既能保持 RF 性能又能解决热管理问题。GaN 的较高功率密度（3 至 5 倍，甚至 10 倍于 GaAs）给予系统封装设计人员带来了棘手的散热和机械问题。

们的工程师们必须在以下三个要求之间做好权衡：RF 性能、热管理和低成本。Qorvo 的塑料包塑封装具有针对 GaN 的增强热管理能力，包括内置于封装基座的均热器。

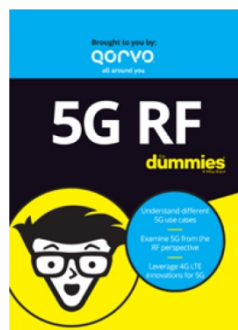
采用塑料封装的产品还符合严格的环境标准，如针对温度、湿度和偏置合规性的 JEDEC 标准。这相当于给客户做出保证，我们的产品具有适合于 5G 应用的长期可靠性，无论是高频、高功率还是低压要求。

## 展望未来

尽管实现 5G 还有很长的路要走，但 Qorvo 已在开发相应的工艺技术和封装技术，以推动客户的 5G 应用。GaN 必将在 5G 格局中发挥激动人心的关键作用。

## 5G 电子书

欲下载本书，请访问  
[www.qorvo.com/design-hub/ebooks](http://www.qorvo.com/design-hub/ebooks)



# 5G: Qorvo 助力实现的一项未来技术标准

正如我们在 2G、3G 和 4G 时代所做的，Qorvo 与行业领先者合作共同研发，将要建立全新的 5G 标准。在 [qorvo.com/news](http://qorvo.com/news) 查看以下新闻稿，了解我们如何通过整合、技术和合作来构建一个全新的互联世界。

- 2017 年 3 月 1 日 Qorvo 为 Pre-5G 大规模 MIMO 网络提供高度集成解决方案
- 2017 年 2 月 27 日 Qorvo 凭借业界首款 5G 前端加速 5G 发展步伐
- 2017 年 1 月 26 日 Qorvo 加入中国移动 5G 联创中心
- 2017 年 7 月 19 日 Qorvo 提供业界领先基础设施解决方案助力 5G 现场试验
- 2016 年 2 月 22 日 Qorvo 加入 3GPP 促进 5G 标准的开发

## Qorvo 5G 产品亮点



**QPF4005**  
双通道 HPA、开关和 LNA FEM  
• 频率范围: 37-40.5 GHz  
• 封装尺寸: 4.5x6 毫米



**QPC1000**  
5 位数字移相器和 SPDT  
• 频率范围: 29-31 GHz  
• 封装尺寸: 6x5 毫米



**TGA4030-SM**  
中等功率放大器/倍增器  
• 频率范围: 17-37 GHz  
• 封装尺寸: 3x3 毫米



**TGA2594-HM**  
封装功率放大器  
• 频率范围: 27-31 GHz  
• 封装尺寸: 7x7 毫米



**QPB9318**  
高度集成的前端模块  
• 频率范围: 2.3-2.7 GHz  
• 封装尺寸: 5x5 毫米



**QPB9319**  
高度集成的前端模块  
• 频率范围: 1.8-4.2 GHz  
• 封装尺寸: 7x7 毫米



**QPL9503**  
增益平坦、高线性度低噪声放大器  
• 频率范围: 0.6-6 GHz  
• 封装尺寸: 2x2 毫米

访问 [www.qorvo.com/5G](http://www.qorvo.com/5G) 了解我们的最新产品。

在 Qorvo，我们做什么很重要。今天开发的解决方案是为了实现更好、更加互联的明天。