

推荐 (首次)

## GaAs/GaN: 5G 时代, 执掌主场

2019 年 11 月 05 日

## 重点公司

重点公司 评级

## 相关报告

《科创板企业之一——嘉元科技》  
2019-07-09

分析师:

邱祖学

qiuzuxue@xyzq.com.cn  
S0190515030003

王丽佳

wanglijia@xyzq.com.cn  
S0190519080007

苏东

sudong@xyzq.com.cn  
S0190519090002

研究助理:

团队成员:

## 投资要点

- **逐鹿 5G, GaAs/GaN 稳居绝对主角。**由于 5G 方案的频段相对于 4G 更高、带宽更大, 路径损耗相对更大, 对射频前端器件的材料性能提出了新的要求: 1) 禁带宽度更大; 2) 临界击穿电场更高; 3) 热导率更高; 4) 饱和电子速率和电子迁移率更高。从衬底材料的角度, 5G 时代 (Sub-6GHz) 仍然是 GaAs 的主场, 但中长期发展到更高频的毫米波阶段后, GaAs 热导率较低, 散热性较差, 其射频器件可承受的功率相对较低, 大概率需要使用以 GaN 为工作层的材料。目前 GaN 可作为外延材料生长在 SiC、Si 等衬底上, 预计 GaN-on-SiC 将成为 5G 时代对功率要求较高的宏基站射频器件用半导体材料的主流, 而微基站功耗要求相对较小, GaAs 将主导。
- **GaAs/GaN 市场空间测算 (仅考虑手机和基站射频应用)。**手机: 换机潮+渗透率提升+PA 数量增加, GaAs 需求迎来大放量。我们预测, 2019-2023 年全球智能手机+功能手机 GaAs PA 需求量将从 61.8 亿个增长至 127 亿个, GAGR 达 19.8%。即使考虑小型化趋势, 未来几年 GaAs PA 的需求量也有显著的增长。基站: 基站数量增加+单个基站上的 PA 数量成倍增长, 带动 GaAs 和 GaN 需求大幅增长, 此外, 宏基站的应用上, GaN 在高频、高功率性能上占据绝对优势, 预计也会持续抢占 LDMOS 的市场份额, 带来需求进一步提升。根据 Yole 预测, GaAs 射频器件市场总额 2016-2022 GAGR 达 10.1%, 其中基站领域 GAGR 超 70%。GaN 射频器件的市场规模 2017-2023 GAGR 超过 20%, 最主要的增量也是来自于基站的应用。
- **全球竞争格局: 由海外主导的寡头市场。**GaAs: 射频领域技术门槛高, 市场集中度高, 从材料到设计均由海外主导。2017 年衬底市场费尔伯格、住友电工、AXT 3 家公司市场份额达 94%, 外延片外包领域两大巨头是 IQE 和全新光电, 市场份额分别为 55% 和 26%, 中国当前主要占据低端 LED 市场。GaN: 相较于 GaAs 属新兴市场, 研发和生产上海外厂商包括 Cree、Qorvo、MACOM、MMIC 等均走在技术发展和产品出新的前列。
- **GaAs/GaN 材料相关 A 股上市公司。**有研新材: 旗下有研光电拥有 60 万片/年的 GaAs 衬底产能, 采用水平 GaAs 单晶生产线, 产品均匀性优异, 定位于高端 LED 应用, 附加值高, 是全球红外 LED 用砷化镓基片的主要供应商之一。云南锗业: GaAs 单晶片产能为 80 万片/年 (折合 4 英寸), 2019 年上半年产量 4.17 万片, 目前 6 英寸尚未批量生产, 产品主要销往韩国、福建、台湾等地。2019 年上半年公司非锗半导体材料级产品 (GaAs、InP) 实现营业收入 541.78 万元, 占营业收入比重还较小, 仅为 2.36%。

**风险提示: 5G 手机销量低于预期; 5G 基站建设进展缓慢; GaAs 射频器件在手机功率放大器领域渗透率的提升不及预期; GaN 衬底及外延技术实现重大突破, 加速对 GaAs 射频器件的替代; 其他可替代材料实现技术突破导致 GaAs 和 GaN 的应用市场竞争加剧。**

请务必阅读正文之后的信息披露和重要声明



## 目 录

1、GaAs/GaN 材料简介.....	- 4 -
1.1、GaAs.....	- 4 -
1.2、GaN.....	- 5 -
2、逐鹿 5G，GaAs/GaN 稳居绝对主角.....	- 7 -
2.1、5G 对射频材料提出了哪些新的要求？.....	- 7 -
2.2、为什么衬底材料非 GaAs 莫属？.....	- 8 -
2.2.1、从性能来看，GaAs/GaN 无疑是最优选项.....	- 8 -
2.2.2、从技术成熟度来看，GaN 衬底要替代 GaAs 还任重道远.....	- 10 -
2.3、GaN 作为双主角，地位体现在哪里？.....	- 11 -
3、GaAs/GaN 市场空间测算（仅考虑手机和基站射频应用）.....	- 13 -
3.1、手机：换机潮+渗透率提升+PA 数量增加，GaAs 需求大放量.....	- 13 -
3.2、基站：数量快速增长，GaAs、GaN 各领风骚.....	- 15 -
4、GaAs 在光电领域的应用.....	- 17 -
4.1、LED：体量大，预计仍有稳健增长.....	- 17 -
4.2、激光：从无到有，VCSEL 有望实现高增速.....	- 18 -
4.3、光伏：小众市场，预计增速较低.....	- 19 -
5、由海外主导的寡头市场，自主可控拉开国产化替代序幕.....	- 19 -
5.1、全球竞争格局：由海外主导的寡头市场.....	- 19 -
5.2、自主可控拉开国产化替代序幕.....	- 21 -
6、GaAs/GaN 材料相关 A 股上市公司.....	- 22 -
6.1、有研新材：定位高端 LED 市场.....	- 22 -
6.2、云南锗业：布局 GaAs 和 InP 材料.....	- 22 -
7、风险提示.....	- 22 -
图 1、GaAs 当前主要应用市场.....	- 4 -
图 2、2017 年 GaAs 衬底出货量（等效 6 英寸，片）.....	- 5 -
图 3、2017 年 GaAs 外延片出货量（射频&激光领域，等效 6 英寸，片）.....	- 5 -
图 4、GaN 主要应用于光电子、电力电子和微波射频领域.....	- 6 -
图 5、GaN 射频器件市场分布.....	- 6 -
图 6、移动设备通信细分领域市场增速.....	- 6 -
图 7、5G 主要使用 2 类频段：Sub-6GHz 和毫米波.....	- 7 -
图 8、射频器件不同材料.....	- 8 -
图 9、GaAs HBT 基本结构示意图.....	- 9 -
图 10、GaAs pHEMT 基本结构示意图.....	- 9 -
图 11、Si、GaAs 及 GaN 材料参数比较.....	- 9 -
图 12、不同材料适用的工作频率和输出功率.....	- 10 -
图 13、GaN 微波功率器件的主要应用领域.....	- 12 -
图 14、通信基站的发展趋势.....	- 13 -
图 15、国内手机出货量构成.....	- 13 -
图 16、国内 2G、3G、4G 手机出货量（万部）.....	- 13 -
图 17、全球智能手机出货量.....	- 14 -
图 18、全球智能手机出货量预测.....	- 14 -

图 19、手机 PA 材料市场份额（2017-2023） .....	- 14 -
图 20、5G 的宏基站+微基站 .....	- 15 -
图 21、Massive MIMO 技术 .....	- 16 -
图 22、2016-2022 年射频器件市场总额预测（十亿美元） .....	- 16 -
图 23、2016-2022 年 GaAs 射频器件市场总额预测（百万美元） .....	- 16 -
图 24、GaN 射频器件市场规模预测 .....	- 17 -
图 25、2017-2023 年 LED 领域用 GaAs 衬底出货量预测（等效 6 英寸,片） .....	- 18 -
图 26、2017-2023 年 LED 领域用 GaAs 衬底市场总额预测（百万美元） .....	- 18 -
图 27、2017 年不同应用的 GaAs 衬底平均售价比较 .....	- 18 -
图 28、2017-2023 年激光领域用 GaAs 衬底出货量及市场总额预测 .....	- 19 -
图 29、2017-2023 年激光领域用 GaAs 外延片出货量及市场总额预测 .....	- 19 -
图 30、2017-2023 年光伏领域用 GaAs 衬底出货量预测（等效 6 英寸,片） .....	- 19 -
图 31、2017-2023 年光伏领域用 GaAs 衬底市场总额预测（百万美元） .....	- 19 -
图 32、全球 GaAs 产业链 .....	- 20 -
图 33、GaAs 衬底厂商市场占有率（2017 年） .....	- 20 -
图 34、GaAs 外延片厂商市场占有率（2017 年, 射频领域） .....	- 20 -
图 35、全球 GaN 射频材料生产企业版图 .....	- 21 -
图 36、大陆 GaN 电力电子和射频器件产业链 .....	- 21 -
表 1、典型半导体材料特性参数对比 .....	- 5 -
表 2、智能手机用功率放大器从 2G 到 5G 的演进 .....	- 10 -
表 3、不同衬底的物理特性 .....	- 12 -
表 4、全球手机 GaAs PA 需求量预测 .....	- 15 -

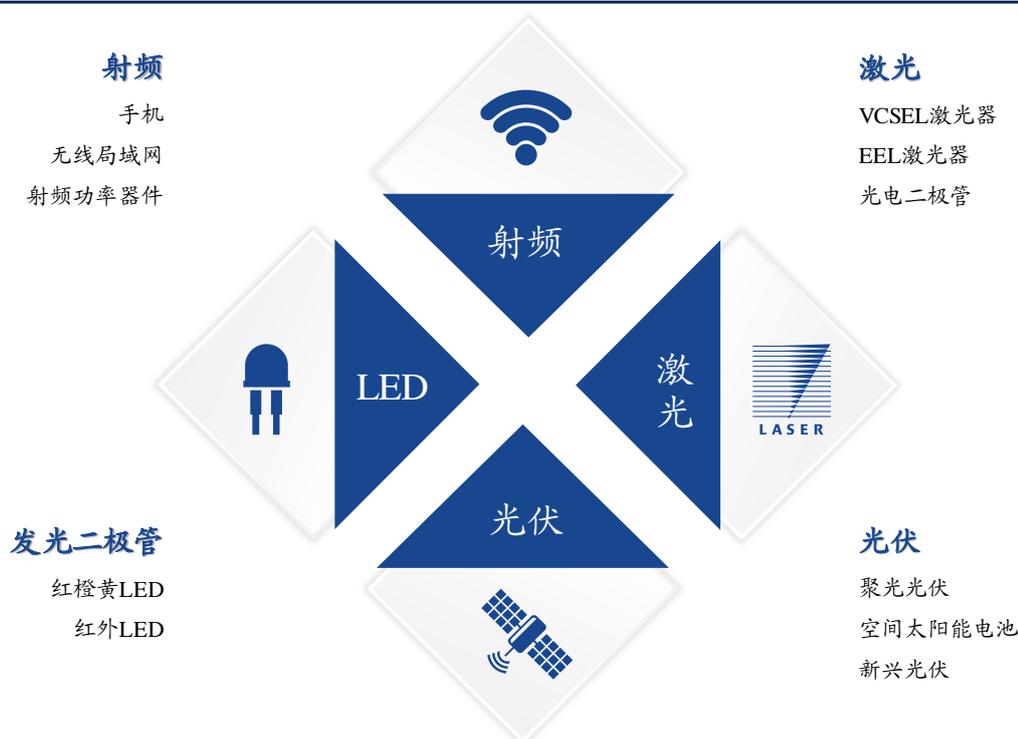
报告正文

## 1、GaAs/GaN 材料简介

### 1.1、GaAs

- **砷化镓 (GaAs) 是当前最重要、技术成熟度最高的化合物半导体材料之一。** GaAs 材料具备禁带宽度大、电子迁移率高的特性，且为直接带隙，发光效率高，是当前光电子领域应用的最主要材料，同时也是重要的微电子材料。根据导电性能的差异，GaAs 材料可分为半绝缘 (SI)GaAs 和半导体 (SC)GaAs，
  - ✓ **半绝缘 GaAs** 晶片中，衬底与形成在顶部的外延晶体管器件绝缘，主要应用于制作**射频**电路。
  - ✓ **半导体 GaAs** 通过向 GaAs 中添加熔融导电掺杂剂来产生半导电的晶锭，主要用于制作光电器件，例如 **LED**、**激光器**和**光伏器件**。

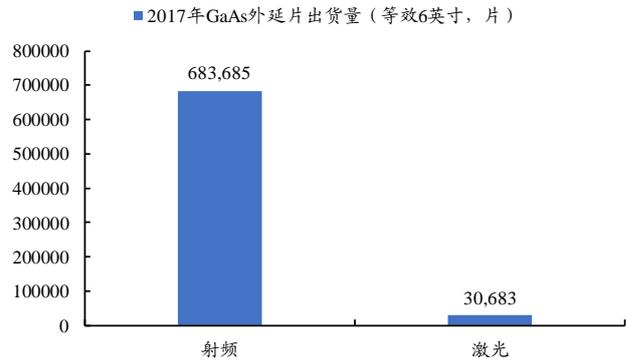
图 1、GaAs 当前主要应用市场



资料来源：Yole，兴业证券经济与金融研究院整理

- **射频为当前 GaAs 材料应用的最主要下游。**
  - ✓ 从 2017 年 GaAs 衬底的出货量数据来看，四大主要应用领域中，射频、LED、激光和光伏市场占比分别为 46.52%、42.19%、10.17%和 1.12%，射频和 LED 是 GaAs 衬底应用的最主要市场。
  - ✓ 外延片领域，射频和激光应用是外延片外包领域两个重要市场，从 2017 年 GaAs 外延片出货量数据来看，射频领域在规模上也具备明显优势。

图 2、2017 年 GaAs 衬底出货量（等效 6 英寸，片） 图 3、2017 年 GaAs 外延片出货量（射频&激光领域，等效 6 英寸，片）



资料来源: Yole, 兴业证券经济与金融研究院整理

资料来源: Yole, 兴业证券经济与金融研究院整理

## 1.2、GaN

- **氮化镓 (GaN) 作为第三代半导体材料的典型代表**，相较于前两代半导体材料，禁带宽度更宽，具有更高的临界击穿电场，更大的饱和电子速率和更小的介电常数，能够承受更高的工作电压，适合更高频率，可实现更高的功率密度，同时耐高温、耐腐蚀、抗辐射等性能优异，在多项性能上能够实现对第二代半导体材料 (GaAs、InP 等) 性能极限的突破。

表 1、典型半导体材料特性参数对比

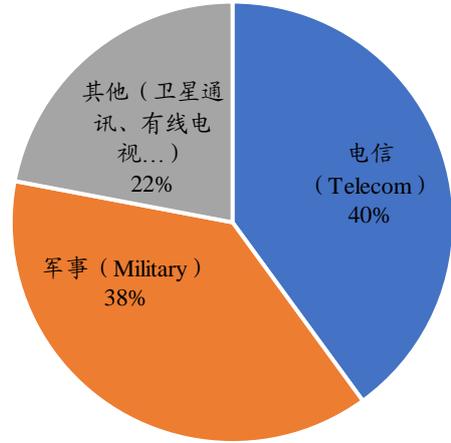
特性参数	第三代		第二代		第一代
	SiC	GaN	GaAs	InP	Si
禁带宽度 (eV)	3.2	<b>3.4</b>	<b>1.4</b>	1.3	1.1
临界击穿电场 (MV/cm)	3.0	<b>3.3</b>	<b>0.4</b>	0.5	0.3
电子迁移率 (cm <sup>2</sup> ·V <sup>-1</sup> ·s <sup>-1</sup> )	900	<b>1000</b>	<b>8500</b>	5400	1350
饱和电子速率 (10 <sup>7</sup> cm/s)	2.0	<b>2.5</b>	<b>2.0</b>	1.0	1.0
工作温度 (°C)	>500	<b>&gt;500</b>	<b>350</b>	300	250
介电常数	9.7	<b>9.8</b>	<b>13.1</b>	12.5	11.9

数据来源: 知网, 兴业证券经济与金融研究院整理

- 得益于性能上较第一、二代半导体材料质的飞跃，GaN 成为制作短波长发光器件、光电探测器以及高温、高频、大功率电子器件的理想材料。
  - ✓ 光电子领域: 包括短波长 LED、激光器、光电探测器等，特别是 GaN 基紫外光电探测器，可应用于军事、航空航天、环保、科研等多领域。
  - ✓ 电力电子领域: 包括智能电网、太阳能发电、风电领域的控制器等，节能和无损耗处理高电压操作的特点也使得 GaN 成为新能源汽车电子器件的重要材料之一，GaN 具备低损耗、高频率、高效率优势。
  - ✓ 微波射频领域: 包括 5G 通信、卫星通讯、雷达预警 (GaN 在军事领域应用的重要场景) 等，GaN 具备高带宽、高效率、高功率密度等优势。
- 目前，GaN 的应用仍以军用为主导，并已经开始逐步向汽车无人驾驶、无线通信基站等民用领域拓展。

请务必阅读正文之后的信息披露和重要声明

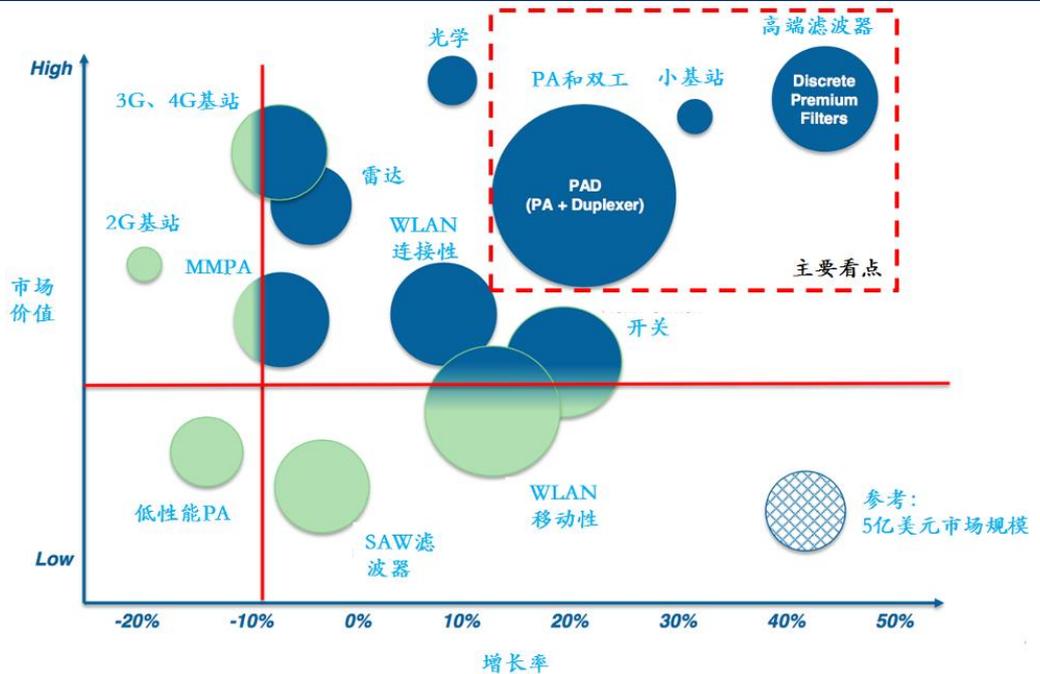
图 4、GaN 主要应用于光电子、电力电子和微波射频领域      图 5、GaN 射频器件市场分布



资料来源：《第 3 代半导体发展概述及我国的机遇、挑战与对策》，兴业证券经济与金融研究院整理      资料来源：Yole，兴业证券经济与金融研究院整理

- **5G 浪潮下，移动设备射频产业有望迎来重要发展机遇，作为器件的重要基石，上游材料的需求预计也将迎来新一轮迅猛的增长。本文将以此入手，首先对 5G 发展下 GaAs 和 GaN 的射频领域应用市场进行研究分析。**

图 6、移动设备通信细分领域市场增速



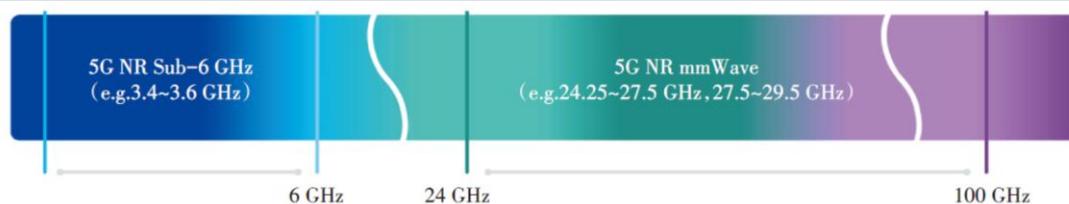
资料来源：Yole，兴业证券经济与金融研究院整理

## 2、逐鹿 5G，GaAs/GaN 稳居绝对主角

### 2.1、5G 对射频材料提出了哪些新的要求？

- 根据 3GPP 标准定义，5G NR (New Radio, 新空口) 主要使用两大频率范围：
  - ✓ FR1 对应频率范围 450MHz-6GHz，最大信道带宽 100MHz，也称为 Sub-6GHz 频段。
  - ✓ FR2 对应频率范围 24.25GHz-52.60GHz，最大信道带宽 400MHz，也即我们所说的毫米波频段 (mmWave)。

图 7、5G 主要使用 2 类频段：Sub-6GHz 和毫米波



资料来源：知网，兴业证券经济与金融研究院整理

- **随着频率的提高，射频材料也面临着新的挑战。**由于 5G 方案的频段相对于目前主流的 4G 频段更高、带宽更大，路径损耗相对更大，对射频前端器件的材料和工艺都提出了新的要求：
  - ✓ 1) 禁带宽度更大，以运行更高的频带；
  - ✓ 2) 临界击穿电场更高，以满足更高功率的应用；
  - ✓ 3) 热导率更高，更易将器件中的功耗传导到周围环境，实现散热；
  - ✓ 4) 饱和电子速率和电子迁移率更高，寄生电阻小，电子渡越时间更短，以适应更高频的工作环境。
- **5G 以 Sub-6GHz 为首发频段。**Sub-6GHz 频段相比于毫米波频段由于频率相对较低，穿透能力更强，覆盖范围更广，兼顾网络速度和信号覆盖，同时可以沿用现有的 4G LTE 网络，需要的基站数量相对毫米波更少，此外，产业链的技术成熟度相对毫米波也更高，将是 5G 时代先期建设的首选频段。2017 年 11 月，工信部明确了 3300-3400MHz(原则上限室内使用)、3400-3600MHz 和 4800-5000MHz 频段作为 5G 系统的工作频段，将中频段作为我国 5G 系统先期部署的主要频段。从三大运营商来看，中国电信获得 3400MHz-3500MHz 频段的 5G 试验频率资源；中国联通获得 3500MHz-3600MHz 频段的 5G 试验频率资源；中国移动获得了 2515MHz-2675MHz、4800MHz-4900MHz 频段的 5G 试验频率资源，其中 2515-2575MHz、2635-2675MHz 和 4800-4900MHz 频段为新增频段，2575-2635MHz 频段为重耕其现有的 TD-LTE (4G) 频段。
- **毫米波是未来发展的重要趋势。**毫米波频段由于频率高、带宽大，可实现更快的传输速率，具备速度快、数据量大、时延小、信号分辨率高、传输安全性强的优势，未来通过微基站的方式解决其穿透能力弱、路径损耗大、难以进行长距离传输的缺点，将是 5G 发展的重要趋势。

## 2.2、为什么衬底材料非 GaAs 莫属？

- 常见的射频器件用半导体材料有 Si、GaAs、GaN、SiC、InP 和 SiGe。从目前的应用来看，属于百花齐放、百家争鸣的格局，其中，最主流的是 Si CMOS 和 GaAs 两种。5G 时代的到来，对射频器件用半导体材料也提出了新的要求。我们认为，从衬底材料的角度，当前 5G 时代（Sub-6GHz）仍然是 GaAs 的主场。

图 8、射频器件不同材料

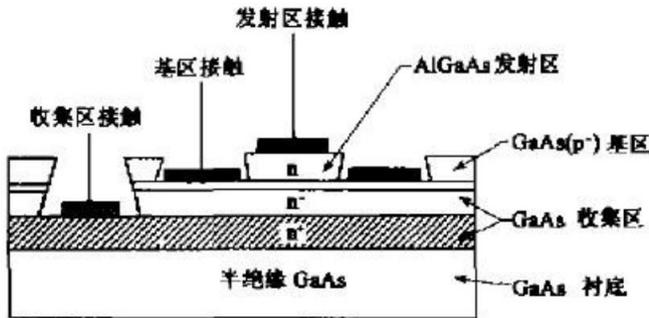


资料来源：Yole，兴业证券经济与金融研究院整理

### 2.2.1、从性能来看，GaAs/GaN 无疑是最优选项

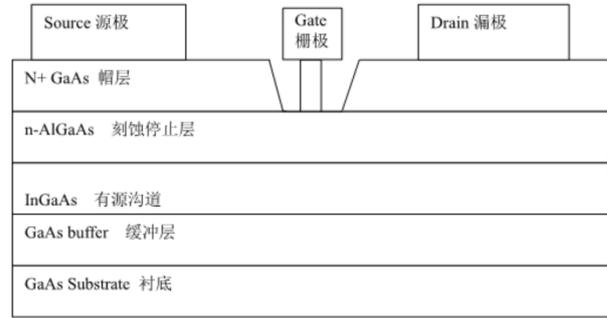
- **砷化镓 (GaAs):** 当前最主流，同时也是技术最成熟的化合物半导体材料。随着 5G 时代的来临，天线体积小化、载波聚合技术、多用户多入多出技术对功率等级和线性度要求较高，GaAs:
  - ✓ ① 具备高电子迁移率和饱和电子速率，电子迁移率在当前半导体材料当中具备绝对优势，是 Si 材料的 6 倍以上，同时也显著高于第三代半导体材料，饱和电阻速率也达到 Si 材料的 2 倍；
  - ✓ ② 禁带宽度大，为 1.42eV，而 Si 仅 1.12eV；
  - ✓ ③ 临界击穿电压高于 Si；
- 因此，GaAs 是目前 5G 中频段射频器件应用最理想的材料之一。
- GaAs 射频功率放大器最常用的设计工艺包括 HBT（异质结双极晶体管）、HEMT（调制掺杂场效应晶体管）、pHEMT（赝调制掺杂异质结场效应晶体管）和 MESFET（金属-半导体场效应晶体管）。其中 HBT 晶体管:
  - ✓ ① 纵向器件，相比 HEMT 和 MESFET 横向器件，有效结面积上流过的电流密度更大，功率密度更高；
  - ✓ ② 单一正电源供电，HEMT 和 MESFET 一般需要负的栅极电压；
  - ✓ ③ 双极型晶体管，相比 HEMT 和 MESFET 跨导更高，能获得更高增益；
  - ✓ ④ 开启电压取决于外延层的禁带宽度，而 HEMT 和 MESFET 的阈值电压由加工工艺精度决定，HBT 晶体管开启电压一致性更好；
  - ✓ ⑤ 漏电流小，用于制作手机功放可延长电池寿命；
- 因此，HBT 工艺是当前 GaAs 射频功率放大器采用的主流工艺。

图 9、GaAs HBT 基本结构示意图



资料来源：知网，兴业证券经济与金融研究院整理

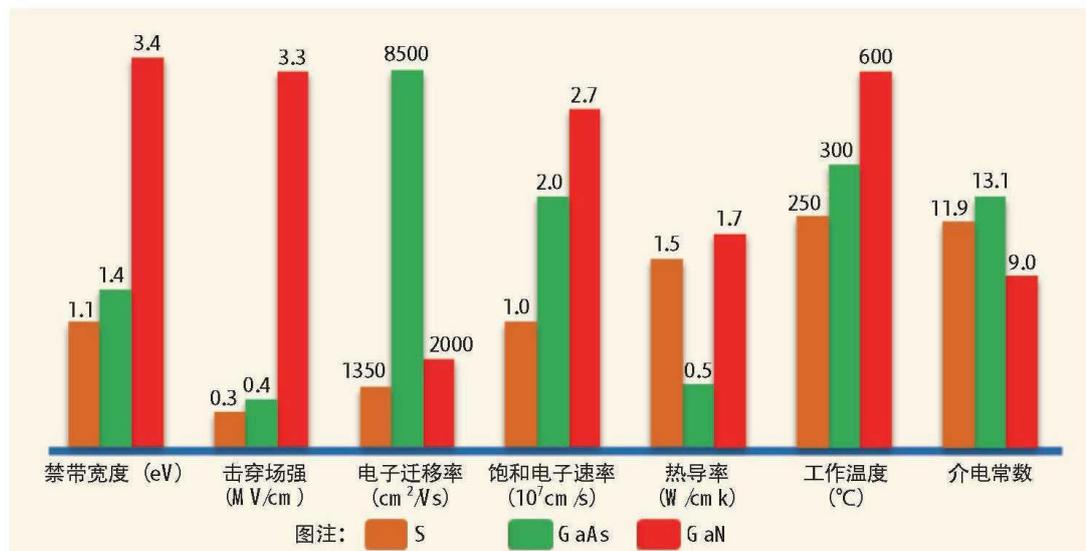
图 10、GaAs pHEMT 基本结构示意图



资料来源：知网，兴业证券经济与金融研究院整理

- **氮化镓 (GaN):** 理论上多项性能显著优于 GaAs，是 GaAs 器件的最大潜在竞争者。GaN 禁带宽度 3.4eV，大大高于第一代半导体 Si 和第二代半导体 GaAs，临界击穿电压也高于其他半导体材料，同时 GaN 还拥有更高的饱和电子速率，可运行更高的频带，适应更高的工作温度，理论上性能优于 GaAs，是 GaAs 器件重要的竞争者。
- **硅 (Si):** 第一代半导体材料，随着射频器件逐渐向高频、高功率演进，由于性能限制应用逐步受限。一方面，Si 的饱和电子速率和电子迁移率较低，高频特性相对较差；另一方面，以 Si 为衬底高频损耗较高。此外，击穿电压相对较低是 Si 材料最大的硬伤，导致其难以适应大功率射频器件的设计。从智能手机功率放大器的演进来看，2G 时代仍以 Si 基 CMOS 为主，到 3G 时代，CMOS 的市场占有率已经开始下滑，随着射频器件的应用场景进一步向高频、高功率演进，Si 基 CMOS 由于在性能上的局限性明显，在智能手机功率放大器市场的占有率预计会进一步下滑。

图 11、Si、GaAs 及 GaN 材料参数比较



资料来源：中国电子科技集团公司第十三研究所，兴业证券经济与金融研究院整理

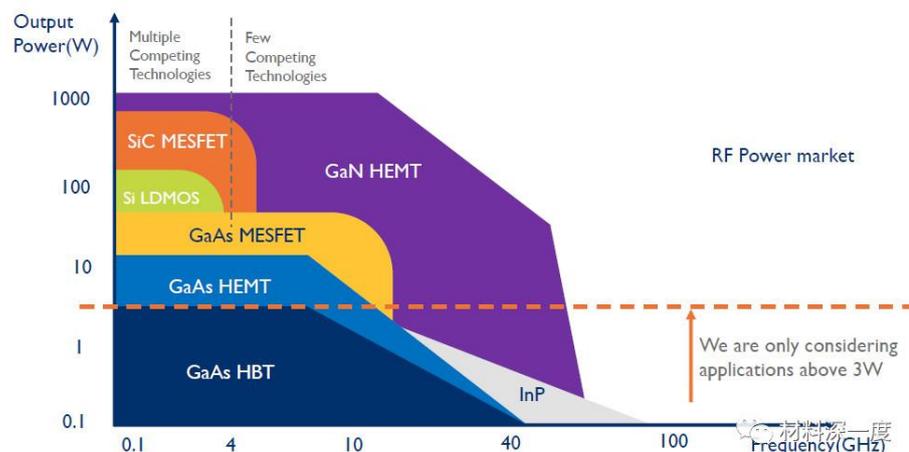
表 2、智能手机用功率放大器从 2G 到 5G 的演进

	2G	3G	4G	4G+	5G
功率放大器 平均数量	1-2	2	3-5	4-6	数量增加
功率放大器 技术	互补金属氧化物半导体 (CMOS) 为主	GaAs 为主, CMOS 为辅	GaAs	GaAs	Sub 6GHz: GaAs 毫米波: ?

资料来源: Yole, 兴业证券经济与金融研究院整理

- **碳化硅 (SiC):** 第三代半导体材料, 目前衬底已经做的比较好, 但只用碳化硅做不好连续激发, 目前来看较难作为射频器件的应用, 在高铁和电车上替代 Si 的 IGBT 具备较好的应用前景。
- **磷化铟 (InP):** 与 GaAs 同属于第二代半导体材料, 两者基本性能相差不多, 但由于其衬底易碎, 加工难度较大, 较难做出射频的器件, 难以对 GaAs 进行替代, 最主要应用还是在光纤通信、激光探测器。
- **锗硅 (SiGe):** 由于禁带宽度太窄, 不能在高频领域应用, 基本只用在小范围无绳电话、蓝牙等。

图 12、不同材料适用的工作频率和输出功率



资料来源: Yole, 兴业证券经济与金融研究院整理

### 2.2.2、从技术成熟度来看, GaN 衬底要替代 GaAs 还任重道远

- **GaN 行业仍处于起步阶段, 衬底制作难度高, 技术进步缓慢。** 目前制备 GaN 衬底的技术包括氢化物气相外延 (HVPE)、氨热法 (Ammonothermal Method)、钠融法 (Na Flux) 和高压生长法 (HNPSG)。
  - ✓ HVPE 法是通过在蓝宝石或 GaAs 等衬底上外延 GaN, 进一步地, 从外延层上将原衬底剥离并进行抛光等工艺处理以获得 GaN 衬底, 但由于异质外延的生长过程容易在 GaN 外延膜与原衬底间出现晶格失配和热失配, 残余应力较高, 外延膜存在开裂、翘曲等问题, 影响良率。

请务必阅读正文之后的信息披露和重要声明

- ✓ 氨热法在实际生产过程中存在晶体生长条件难以控制的问题，且晶圆尺寸也受到限制。
  - ✓ 钠融法和高压生长法两种技术对设备和工艺均要求苛刻，在单晶的尺寸方面也难以实现较大的突破。
- **成本高昂，限制 GaN 衬底的商业化应用。**由于生产工艺难度大，良率低，同时技术研发进展缓慢，目前 GaN 衬底的成本仍然很高，05 年的时候 2 寸的衬底成本 2 万美元，经过 15 年的研发现在衬底价格还是在 3000 美元的水平，而 4 寸砷化镓衬底成本低档的话仅需 100-200 元，2 寸砷化镓衬底只需人民币几十元。成本问题大大限制了 GaN 作为衬底的商业化应用。
  - **起码目前来看，Sub 6GHz 手机射频器件仍是 GaAs 的主场，但中长期发展到更高频的毫米波阶段后，GaAs 由于热导率较低，散热性较差，其射频器件可承受的功率相对较低，恐怕也难以胜任 28GHz 以上的手机 PA 用半导体材料，大概率需要使用以 GaN 为工作层的材料，届时适合更高频率应用的 GaN 能否实现顺利接棒，仍需等待技术和成本上的突破。**

### 2.3、GaN 作为双主角，地位体现在哪里？

- 短期来看，虽然 GaN 作为衬底材料难以取得技术和成本上的快速突破而实现商业化应用，但作为外延材料，GaN 已经可以外延生长在碳化硅、硅、蓝宝石、金刚石的衬底上，目前比较主流的两种是 GaN-on-SiC 和 GaN-on-Si。
  - ✓ **①SiC 衬底：**SiC 作为衬底材料的优势在于 SiC 和 GaN 的晶格失配率和热失配率相较于 Si 衬底和蓝宝石衬底更小，同时热导率高，适合生长高质量的 GaN 外延层，能满足高功率的应用。但 SiC 衬底存在价格昂贵、机械加工性能差、缺陷密度高等问题，目前生产高质量、大尺寸的 SiC 单晶仍有一定的难度。
  - ✓ **②Si 衬底：**Si 衬底直径大、易于加工，在价格上具有绝对优势，可以在保障低成本的同时处理更大的晶圆。但 Si 与 GaN 的晶格失配率和热失配率更大，较难生长出高质量的 GaN，一般只做小的功率器件。
  - ✓ **③蓝宝石（Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）衬底：**蓝宝石带隙宽，化学稳定性和热稳定性好，能够在高温下实现生长，同时蓝宝石衬底生产技术比较成熟，价格相对便宜，具备一定的成本优势。但蓝宝石与 GaN 的晶格失配率和热失配率比较大，存在不导电、导热性差的缺点，导致其大功率器件在高电流下工作时问题突出，目前蓝宝石作为射频器件的衬底材料已被淘汰。
  - ✓ **④金刚石（Diamond）衬底：**金刚石热导率高，是 SiC 材料的 4 倍以上，同时较 SiC 具有更高的临界击穿电压，更大的禁带宽度和更高的电子迁移率，以金刚石的衬底的 GaN 射频器件有望实现更优的性能。但由于金刚石也存在与 GaN 晶格失配率和热失配率较大的问题，GaN 的异质外延存在较大的难度。

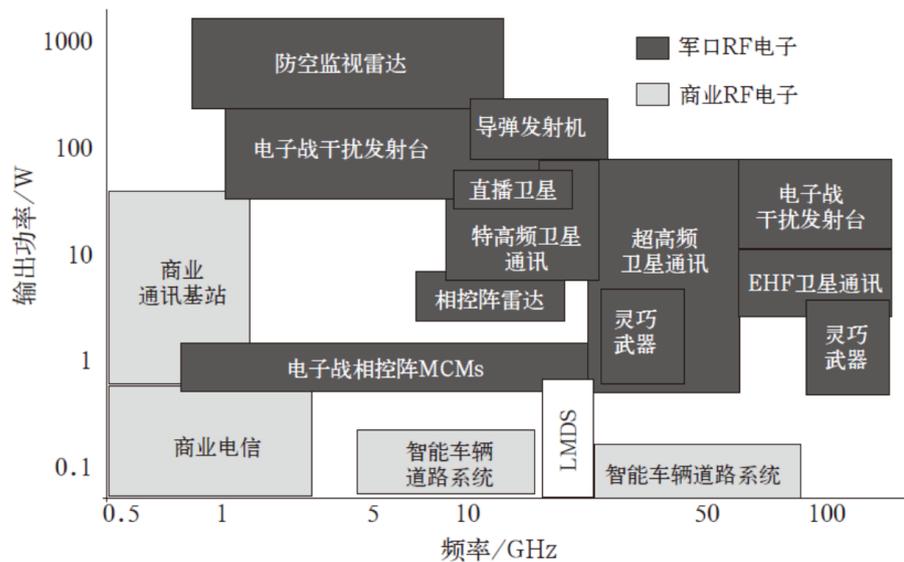
表 3、不同衬底的物理特性

衬底材料	对称性	晶格常数 (nm)	与 GaN 的晶格失配 (%)	热膨胀系数 (10 <sup>-6</sup> /K)	与 GaN 的热失配 (%)	热导率 (W/(cm*K))
蓝宝石	六方	a=0.476 c=1.299	13.9	7.3 8.1	30.3	0.3
6H-SiC	六方	a=0.307 c=1.512	3.4	4.3 4.7	15.9	4.9
Si	立方	a=0.544	16.9	2.6	53.5	1.3

数据来源：知网，兴业证券经济与金融研究院整理

- GaN 微波功率器件的应用市场包括国防、卫星通讯、无线通信基站。对于无线通信基站市场，我们认为，随着 5G 时代的到来，GaAs 预计仍为室内网络系统结构的主流，但在宏基站领域，GaN 因其高功率特性，优势将得以凸显。从不同的工艺来看，预计 GaN-on-SiC 将成为对功率要求较高的宏基站射频器件用半导体材料的主流。

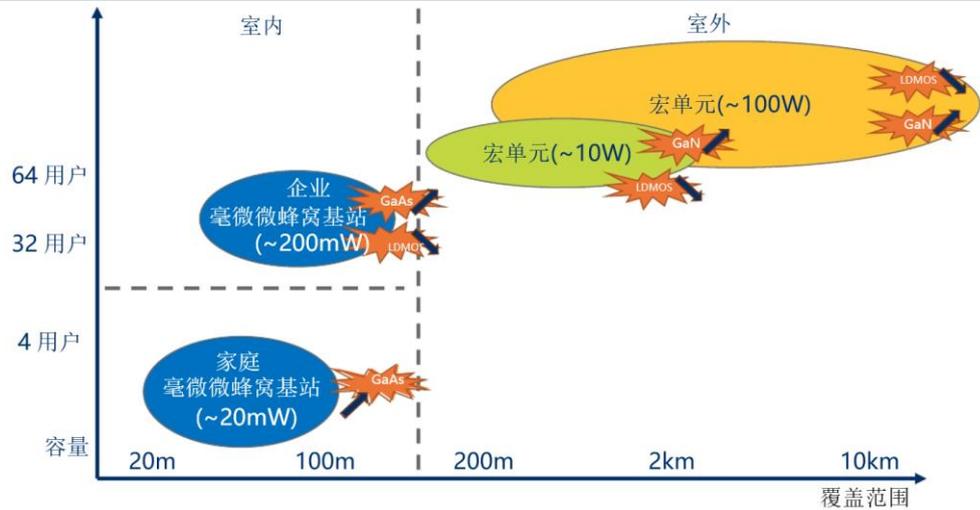
图 13、GaN 微波功率器件的主要应用领域



资料来源：知网，兴业证券经济与金融研究院整理

- 以 GaN 为外延层的射频器件价格有所下行，为其在宏基站的大规模应用提供可能。根据第 3 代半导体产业技术创新战略联盟于 2019 年发布的《2018 年全球第 3 代半导体产业发展回顾及展望》，目前包括 Qorvo、Cree、NXP 和 MACOM 等企业（其中 MACOM 主要产品为 GaN-on-Si 射频器件，Qorvo、Cree 和 NXP 主要生产 GaN-on-SiC 射频器件）对外销售 170 个类型的 GaN HEMT 射频器件，产品报价范围为 90 ~ 9000 元/只，平均价格为 23.78 元/W，已降至 Si LDMOS 平均价格（8.50 元/W）的 3 倍以内。随着 GaN-on-SiC 生产的技术成熟度逐步提高，价格有望持续下行，为其在 5G 时代宏基站射频领域的大规模应用提供基础。

图 14、通信基站的发展趋势



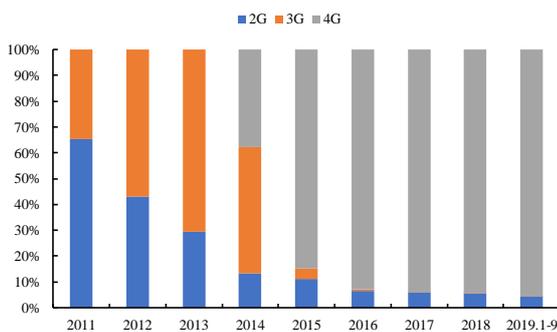
资料来源：Yole，中兴，兴业证券经济与金融研究院整理

### 3、GaAs/GaN 市场空间测算（仅考虑手机和基站射频应用）

#### 3.1、手机：换机潮+渗透率提升+PA 数量增加，GaAs 需求大放量

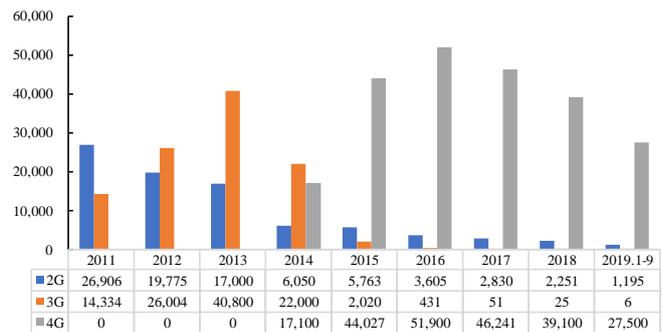
- **5G 时代拉动换机需求，智能手机市场有望重返增长轨道。**全球智能手机进入 2015 年以来，已经属于存量市场，市场日趋饱和，终端创新力度下降，消费者换机周期拉长，出货量持续下滑。全球来看，根据 IDC 数据，2018 年全球智能手机出货量 13.95 亿部，同比下滑 4.8%，但今年下半年开始市场出现复苏迹象，预计下半年出货量同比降幅收窄至 0.4%，全年出货量预计达 13.711 亿部，同比下滑 2.2%。国内来看，2018 年全年国内手机出货量 4.14 亿部，同比下滑 15.6%，2019 年前三季度出货量 2.87 亿部，同比下滑 5.7%，降幅已经有所收窄。我们认为，伴随 5G 的推进，消费者换机升级的需求会受刺激，智能手机出货量颓势有望扭转。根据 IDC 预测，预计 2020 年全球智能手机出货量将止跌转升，同比增长 1.6%，到 2023 年，预计全球智能手机出货量达到 14.845 亿部，2018-2023 年 GAGR 达 1.1%。

图 15、国内手机出货量构成



资料来源：wind，兴业证券经济与金融研究院整理

图 16、国内 2G、3G、4G 手机出货量（万部）



资料来源：wind，兴业证券经济与金融研究院整理

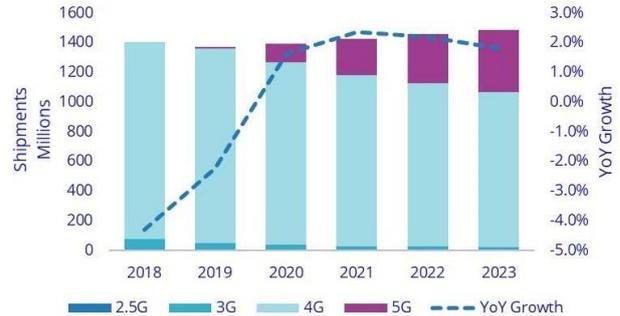
请务必阅读正文之后的信息披露和重要声明

图 17、全球智能手机出货量



资料来源: IDC, 兴业证券经济与金融研究院整理

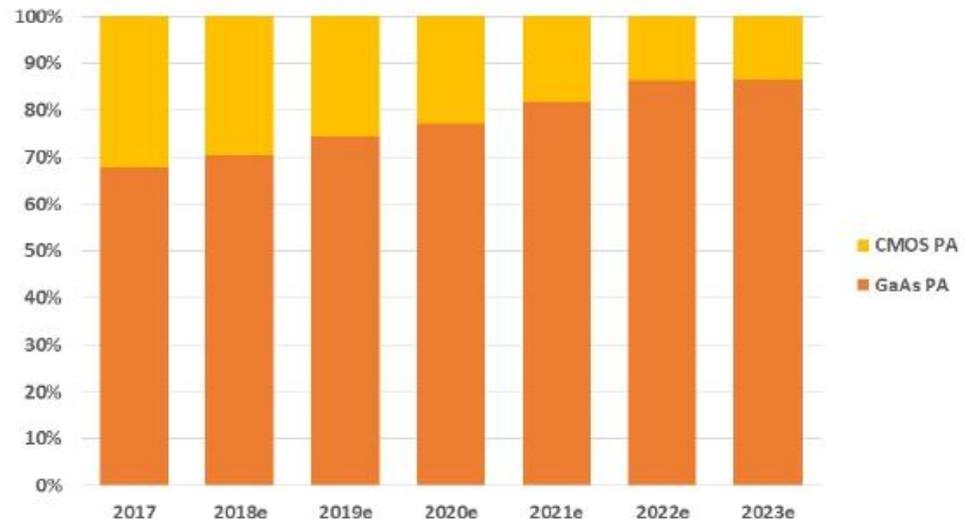
图 18、全球智能手机出货量预测



资料来源: IDC, 兴业证券经济与金融研究院整理

- **GaAs 在手机 PA 的市场份额有望持续提升。** Si 基 CMOS 由于禁带宽度较小、击穿电场较弱，电子迁移率和饱和电子速率较低，在工作频率、输出功率等方面性能上的局限性明显，将越来越难以适应射频器件应用场景向高频、高功率的演进。同时，性能更优的 GaN 基射频器件因技术和成本等问题尚难实现商业化应用，5G 时代 Sub 6GHz 阶段仍将是 GaAs 材料的主场，GaAs PA 预计将持续抢占 Si 基 CMOS 的市场份额，渗透率进一步提高。

图 19、手机 PA 材料市场份额 (2017-2023)



资料来源: Yole, 兴业证券经济与金融研究院整理

- **单机 PA 数量预计大幅增长。** 一般 3G 及以下手机配备 1-2 个 PA，4G 手机内 PA 数量平均为 3-6 个。到了 5G 时代，由于新频段的增加，Massive MIMO (大规模天线多入多出) 技术的应用带来手机端天线大幅增加，相应地，单个手机的 PA 数量也将迎来显著的增长，预计达到 10 个以上。
- **换机潮+渗透率提升+PA 数量增加，GaAs 需求迎来大放量。** 我们预测，2019-2023 年全球智能手机+功能手机 GaAs PA 需求量将从 61.8 亿个增长至 127 亿个，GAGR 达 19.8%。即使考虑小型化趋势，未来几年 GaAs PA 的需求量也有显著的增长。

请务必阅读正文之后的信息披露和重要声明

表 4、全球手机 GaAs PA 需求量预测

	2019E	2020E	2021E	2022E	2023E
全球智能手机出货量 (百万部)	1371.1	1393.0	1427.9	1457.8	1484.5
YOY	-2.2%	1.6%	2.5%	2.1%	1.8%
5G 手机出货量 (百万部)	2.7	209.0	499.8	728.9	890.7
占比	0.2%	15.0%	35.0%	50.0%	60.0%
5G 手机 PA 数量 (百万个)	32	2507	5997	8747	10688
4G 手机出货量 (百万部)	1305.3	1138.6	896.3	706.7	578.2
占比	95.2%	81.7%	62.8%	48.5%	39.0%
4G 手机 PA 数量 (百万个)	7832	6832	5378	4240	3469
3G 及以下手机出货量 (百万部)	63.1	45.4	31.8	22.3	15.6
占比	4.6%	3.3%	2.2%	1.5%	1.0%
3G 及以下手机 PA 数量 (百万个)	126	91	64	45	31
<b>全球智能手机 PA 数量合计 (百万个)</b>	<b>7990</b>	<b>9430</b>	<b>11438</b>	<b>13032</b>	<b>14189</b>
全球功能手机出货量 (百万部)	360	320	296	260	250
全球功能手机 PA 数量合计 (百万个)	<b>360</b>	<b>320</b>	<b>296</b>	<b>275</b>	<b>260</b>
全球智能机+功能机 PA 数量 (百万个)	<b>8350</b>	<b>9750</b>	<b>11734</b>	<b>13307</b>	<b>14449</b>
GaAs PA 市场份额	74%	77%	82%	86%	88%
<b>GaAs PA 需求量 (百万个)</b>	<b>6179</b>	<b>7508</b>	<b>9622</b>	<b>11444</b>	<b>12715</b>
<b>GAGR</b>			<b>19.8%</b>		

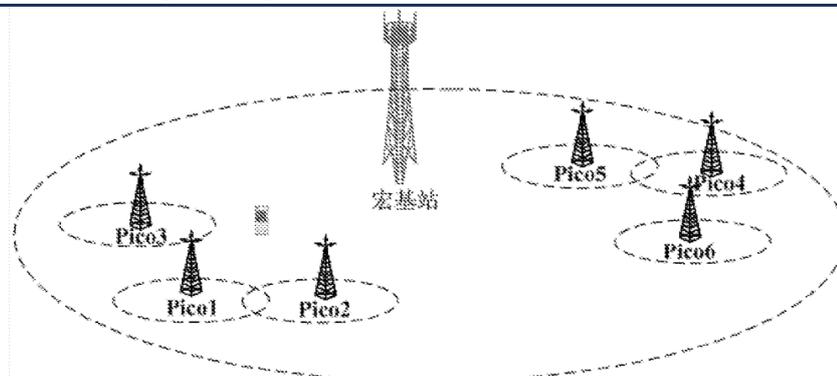
注：按照 5G 手机单机 12 个 PA，4G 手机 6 个 PA，3G 及以下手机 2 个 PA，功能机 1 个 PA 测算

数据来源：兴业证券经济与金融研究院

### 3.2、基站：数量快速增长，GaAs、GaN 各领风骚

- 5G 时代将以“宏基站为主，微基站为辅”的方式实现网络覆盖，GaAs 和 GaN 射频器件将各领风骚。由于 5G 方案的频段相对于目前主流的 4G 频段更高，相应的波长就大大减小，绕射能力更差，路径损耗也越大，也即 **5G 相较于 4G 传输距离缩短，覆盖能力显著减弱，这一问题的解决就需要建设更多的基站数量**。同时，考虑到成本因素，“宏基站+微基站”将是理想的方案选择。射频材料的选择上，微基站相较于宏基站体积小，功耗要求也相对较小，GaAs 将成为微基站的主流，而宏基站则将以 GaN 基材料为主。

图 20、5G 的宏基站+微基站

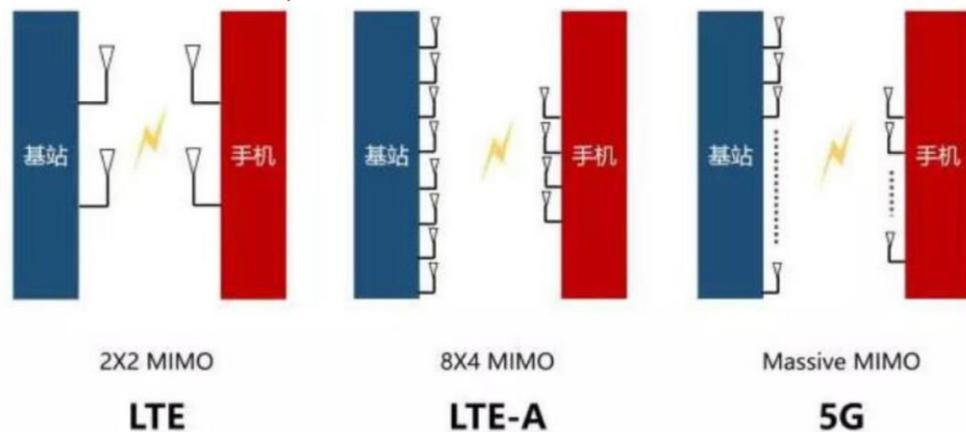


资料来源：兴业证券经济与金融研究院整理

请务必阅读正文之后的信息披露和重要声明

- **Massive MIMO 技术的应用,要求单个基站 PA 数量成倍增长。**Massive MIMO 作为 5G 时代非常重要的技术,通过在基站使用大规模的阵列天线来实现通信系统频谱效率、覆盖能力和网络容量的提高,这就需要相应的射频收发单元阵列与之相配套,从而带来单个基站 PA 数量则大幅增长。**4G 时代的天线阵列以 4T4R 和 8T8R 为主流,假设 5G 基站普遍采用 64T64R 的天线阵列,则随着从 4G 到 5G 的演变,单个基站 PA 数量预计将会有 8-16 倍的增长,这无疑将为 GaAs 和 GaN 材料带来巨大的需求增量。**

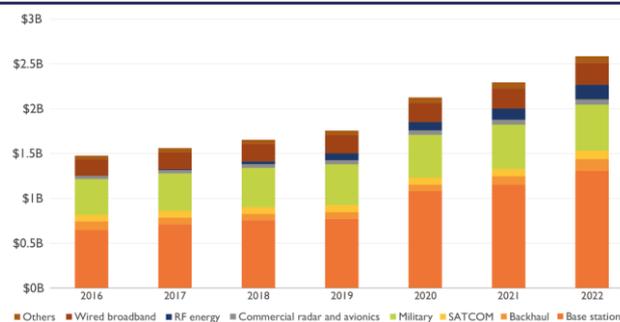
图 21、Massive MIMO 技术



资料来源: 知网, 兴业证券经济与金融研究院整理

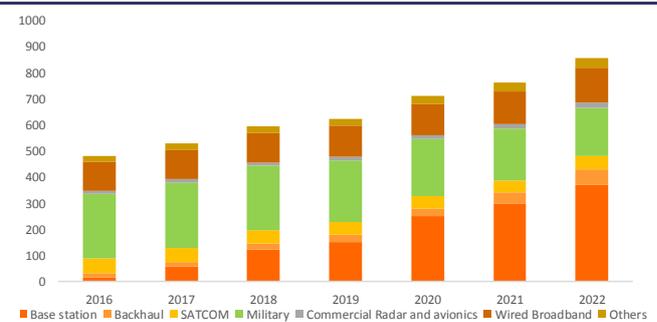
- **基站数量增加+单个基站上的 PA 数量成倍增长, 带动 GaAs 和 GaN 需求大幅增长, 此外, 宏基站的应用上, GaN 在高频、高功率性能上占据绝对优势, 预计也会持续抢占 LDMOS 的市场份额, 带来需求进一步提升。**
- 根据 Yole 预测, GaAs 射频器件市场总额预计将从 2016 年的 4.816 亿美元增长至 2022 年的 8.576 亿美元, GAGR 达 10.1%, 其中, 基站领域的市场规模将从 2016 年的 0.153 亿美元到 2022 年增长至 3.707 亿美元, GAGR 超过 70%。Yole 同时预测 GaN 射频器件的市场规模将从 2017 年 3.8 亿美元到 2023 年增长至 13 亿美元, GAGR 超过 20%, 最主要的增量也是来自于基站的应用。

图 22、2016-2022 年射频器件市场总额预测 (十亿美元)



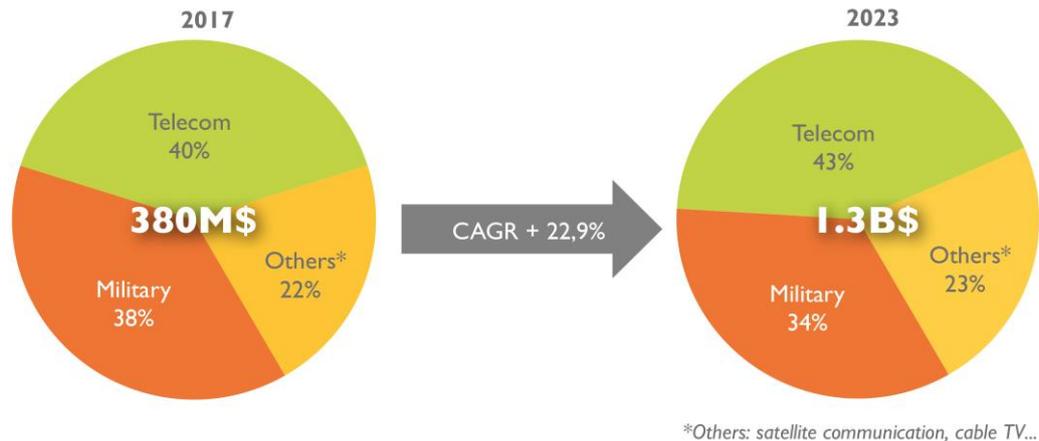
资料来源: Yole, 兴业证券经济与金融研究院整理

图 23、2016-2022 年 GaAs 射频器件市场总额预测 (百万美元)



资料来源: Yole, 兴业证券经济与金融研究院整理

图 24、GaN 射频器件市场规模预测



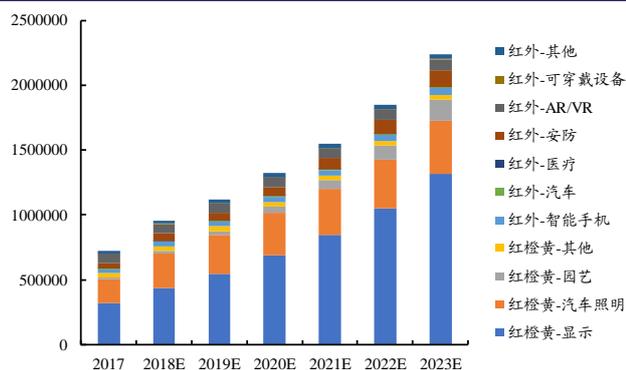
资料来源：Yole，兴业证券经济与金融研究院整理

## 4、GaAs 在光电领域的应用

### 4.1、LED：体量大，预计仍有稳健增长

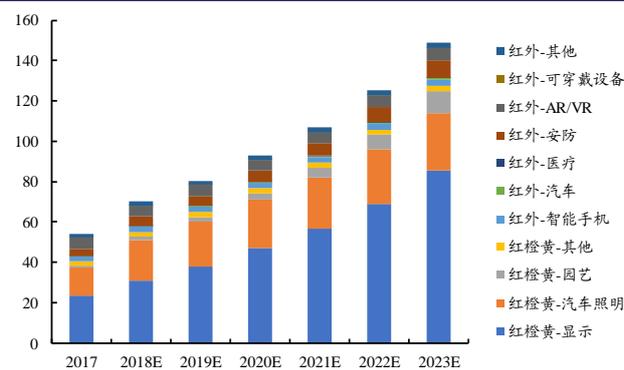
- LED 是当前 GaAs 衬底四大应用领域当中仅次于射频应用的第二大应用市场，预计未来几年仍有稳健的增长。
  - ✓ 根据应用波段的不同，可分为红橙黄 LED 和红外 LED。红橙黄 LED 主要对应照明、显示等领域的应用，该应用领域 GaAs 低位稳固，来自其他技术的威胁较小。红外 LED 对应医疗、遥控、光通信等应用，市场相对红橙黄 LED 要小得多。
  - ✓ 根据技术指标（缺陷密度、载流子浓度等）要求的不同，可分为低端 LED 和高端 LED。低端 LED 衬底通常用于某些显示器、信号灯和装饰照明，高端 LED 衬底用于高亮度、高精度领域。
  - ✓ GaAs 的 LED 器件目前在手机上的应用还只是开关，未来 GaAs 在智能手机红外 LED 的应用预计会有比较明显的增长，根据 Yole 预测，2017-2023 年，红外 LED-智能手机细分领域用 GaAs 衬底出货量预计将从 2.86 万片提升至 4.92 万片，GAGR 达 9%，市场总额也有望从 222 万美元提升至 340 万美元，GAGR 达 7%。
  - ✓ 除了普通 LED，micro-LED 和 mini-LED 也在持续发展，micro-LED 主要用在手机背光。
- 根据 Yole 预测，传统显示、汽车照明等领域用 GaAs 衬底体量大，同时预计仍有稳健的增长，GaAs 基红橙黄 LED 在园艺照明（用于植物生长）的应用增速强劲，此外，红外的安防、智能手机等领域预计也有不错的增速，2023 年 LED 领域用 GaAs 衬底出货量预计从 2017 年的 72.5 万片提升至 223.8 万片，2017-2023 年市场总额有望从 0.54 亿美元提升至 1.49 亿美元。

图 25、2017-2023 年 LED 领域用 GaAs 衬底出货量预测（等效 6 英寸,片）



资料来源：Yole，兴业证券经济与金融研究院整理

图 26、2017-2023 年 LED 领域用 GaAs 衬底市场总额预测（百万美元）

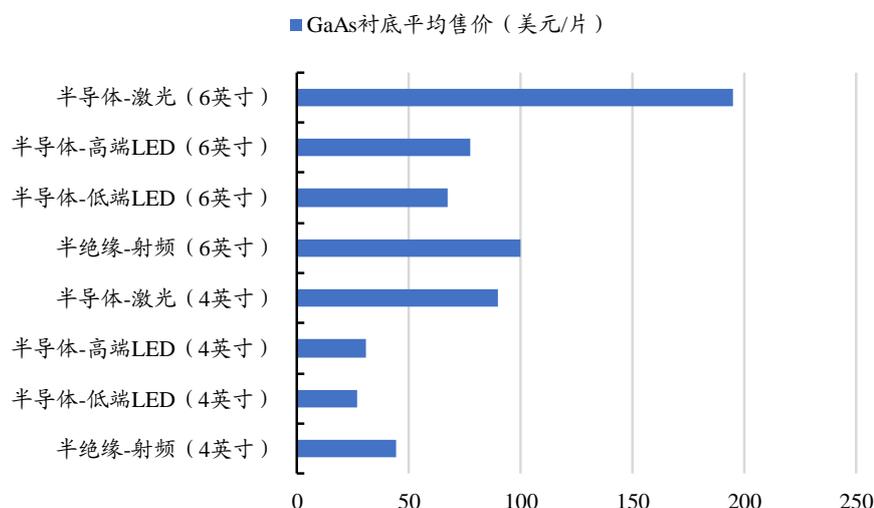


资料来源：Yole，兴业证券经济与金融研究院整理

## 4.2、激光：从无到有，VCSEL 有望实现高增速

- GaAs 在激光领域的应用可分为 VCSEL 和非 VCSEL，当前 GaAs 应用的看点主要在于 VCSEL。VCSEL（垂直腔面发射激光器），以 GaAs 材料为基础，主要的应用为人脸识别，是从无到有的过程，未来预计会有很高的增速。EEL（边发射激光器）属于非 VCSEL 器件，主要在汽车激光雷达领域应用，需求有望随着无人驾驶汽车市场的拓展而提升。
- 激光领域用 GaAs 衬底技术指标要求高，单价显著高于其他领域，未来市场空间可期。激光应用对位错密度最为敏感，也是对 GaAs 衬底材料要求最高的应用领域，因此同样尺寸的激光用 GaAs 衬底的价格也显著高于其他领域。根据 Yole，预计 2023 年激光领域 GaAs 衬底的出货量将从 2017 年的 17.5 万片提升至 96.4 万片，GAGR 达 37%，市场总额从 2017 年的 0.34 亿美元提升至 2023 年的 1.50 亿美元，GAGR 达 28%。

图 27、2017 年不同应用的 GaAs 衬底平均售价比较



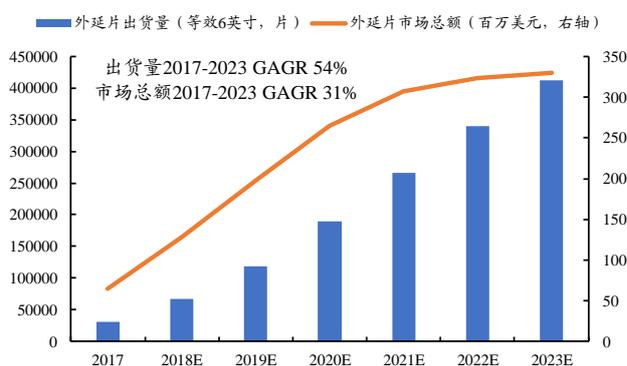
资料来源：Yole，兴业证券经济与金融研究院整理

图 28、2017-2023 年激光领域用 GaAs 衬底出货量及市场总额预测



资料来源: Yole, 兴业证券经济与金融研究院整理

图 29、2017-2023 年激光领域用 GaAs 外延片出货量及市场总额预测

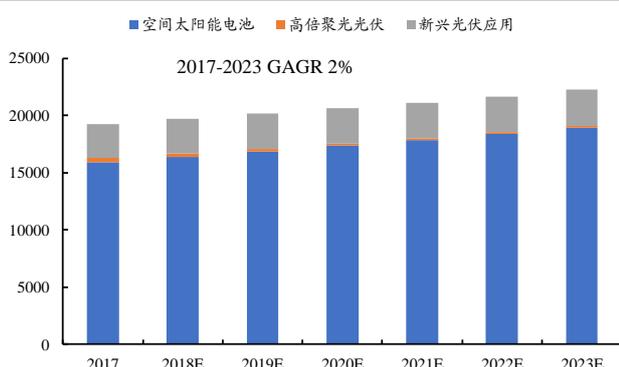


资料来源: Yole, 兴业证券经济与金融研究院整理

### 4.3、光伏：小众市场，预计增速较低

- GaAs 在空间光伏发电领域的应用受到 Ge 衬底的竞争，预计未来增速较低。

图 30、2017-2023 年光伏领域用 GaAs 衬底出货量预测（等效 6 英寸，片）



资料来源: Yole, 兴业证券经济与金融研究院整理

图 31、2017-2023 年光伏领域用 GaAs 衬底市场总额预测（百万美元）



资料来源: Yole, 兴业证券经济与金融研究院整理

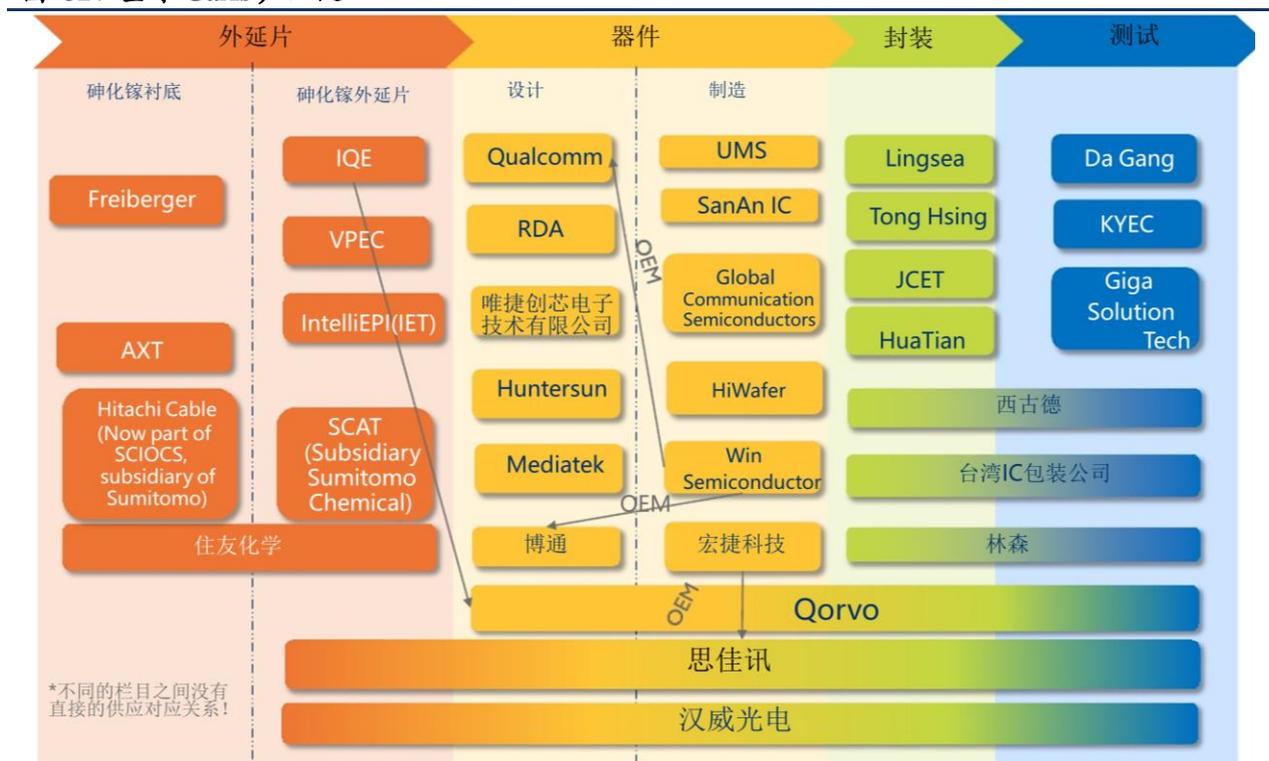
## 5、由海外主导的寡头市场，自主可控拉开国产化替代序幕

### 5.1、全球竞争格局：由海外主导的寡头市场

- GaAs: 由于射频领域用 GaAs 工艺技术门槛较高，所以 PA 市场具有集中度非常高的特点，从材料到设计，均由海外主导。从全球 GaAs 产业链来看，衬底和外延片市场均为少数几家海外企业所垄断。2017 年，GaAs 衬底市场费尔伯格、住友电工、AXT 3 家公司的市场份额达到 94%。在 GaAs 外延片射频市场中，6 英寸外延片的外包比例约占 90%，2017 年外包领域的两大巨头是 IQE 和全新光电，市场份额分别为 55% 和 26%。而中国 GaAs 衬底厂商当前主要占据低端 LED 市场（装饰用红外 LED、信号等），仅少数 GaAs 衬底厂商能够供应高端 LED 市场（汽车和园艺照明用红外 LED）用衬底。

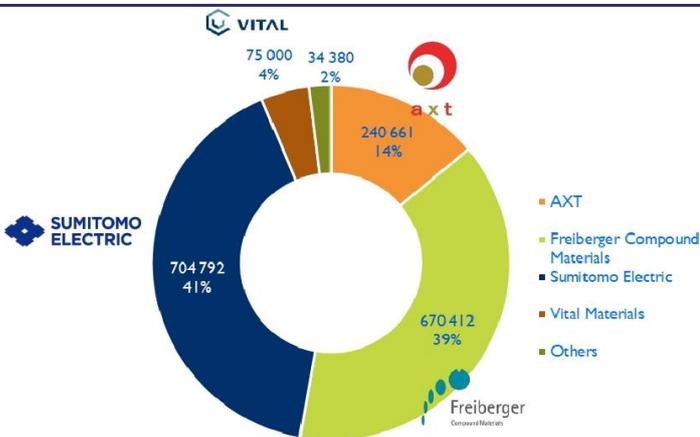
请务必阅读正文之后的信息披露和重要声明

图 32、全球 GaAs 产业链



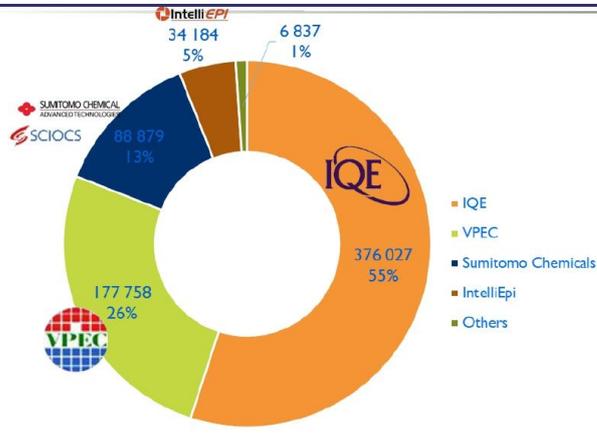
资料来源: Yole, 兴业证券经济与金融研究院整理

图 33、GaAs 衬底厂商市场占有率 (2017 年)



资料来源: Yole, 兴业证券经济与金融研究院整理

图 34、GaAs 外延片厂商市场占有率 (2017 年, 射频领域)



资料来源: Yole, 兴业证券经济与金融研究院整理

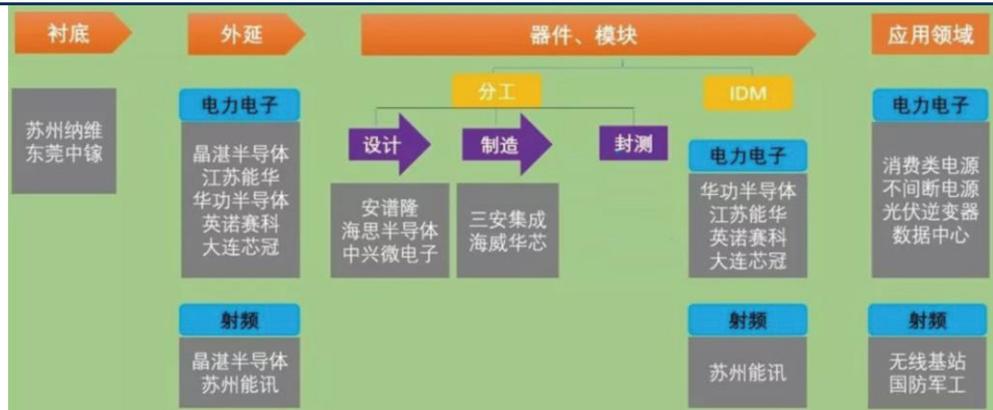
- **GaN:** 相较于 GaAs 属于新兴市场, 研发和生产上海外厂商仍有领先优势。海外企业包括 Cree、Qorvo、MACOM、MMIC 等均走在技术发展和产品出新的前列。大陆现已具备包括 GaN 材料衬底、外延、工艺加工、电路设计、封装、测试、模块、可靠性试验等的完整产业链布局, 频段覆盖 3mm 及以下, 部分产品达到国际领先水平。针对射频领域应用的 GaN 衬底生产企业主要包括苏州纳维和东莞中镓, 外延企业主要包括晶湛半导体和苏州能讯。

图 35、全球 GaN 射频材料生产企业版图



资料来源：Yole，兴业证券经济与金融研究院整理

图 36、大陆 GaN 电力电子和射频器件产业链



资料来源：知网，兴业证券经济与金融研究院整理

### 5.2、自主可控拉开国产化替代序幕

- **自主可控趋势明确，拉开半导体材料国产化替代序幕。**不论是射频芯片，还是激光、LED 器件，材料制造环节都是产业链的核心价值所在，而目前基本由海外企业高度垄断。在中美博弈、“华为事件”等的影响下，国产化、自主品牌建设意识持续升温。在自主可控的明确趋势下，GaAs、GaN 半导体材料行业有望迎来政策支持和产业升级的共振。

## 6、GaAs/GaN 材料相关 A 股上市公司

### 6.1、有研新材：定位高端 LED 市场

- 有研新材主要从事稀土材料、光电子用薄膜材料、生物医用材料、稀有金属及贵金属、红外光学及光电材料、光纤材料等新材料的研发与生产。旗下重要子公司有研光电新材料有限责任公司主要从事红外光学及光电材料的研发和生产,是我国先进半导体材料和红外光学材料的重要研发中心和生产基地,拥有全球领先的红外锗单晶生产线,是全球红外光学锗片和红外 LED 衬底片的主要供应商。
- 目前有研光电拥有 60 万片/年的 GaAs 衬底产能,采用水平 GaAs 单晶生产线,产品均匀性优异,定位于高端 LED 应用,附加值高,是全球红外 LED 用砷化镓基片的主要供应商之一。

### 6.2、云南锗业：布局 GaAs 和 InP 材料

- 云南锗业目前材料级主导产品为区熔锗锭、二氧化锗;深加工方面,光伏级锗产品主要为太阳能锗衬底片,红外锗系列产品主要为红外级锗单晶(光学元件)、锗镜片、镜头、红外热像仪,光纤级锗产品为光纤用四氯化锗,非锗半导体材料级产品主要为砷化镓单晶片。公司产品主要运用包括红外光学、太阳能电池、光纤通讯、发光二极管等领域。
- 公司 GaAs 单晶片产能为 80 万片/年(折合 4 英寸),2019 年上半年生产 GaAs 单晶片 4.17 万片(折合 4 英寸)。目前公司生产仍以 4 英寸为主,6 英寸 GaAs 尚未批量生产,产品主要销往韩国、福建、台湾等地。2019 年上半年公司非锗半导体材料级产品(GaAs、InP)实现营业收入 541.78 万元,占营业收入比重还较小,仅为 2.36%。

## 7、风险提示

- 5G 手机销量低于预期;
- 5G 基站建设进展缓慢;
- GaAs 射频器件在手机功率放大器领域渗透率的提升不及预期;
- GaN 衬底及外延技术实现重大突破,加速对 GaAs 射频器件的替代;
- 其他可替代材料实现技术突破导致 GaAs 和 GaN 的应用市场竞争加剧。

## 分析师声明

本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告。本报告清晰准确地反映了本人的研究观点。本人不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

## 投资评级说明

投资建议的评级标准	类别	评级	说明
报告中投资建议所涉及的评级分为股票评级和行业评级(另有说明的除外)。评级标准为报告发布日后的12个月内公司股价(或行业指数)相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅。其中:A股市场以上证综指或深圳成指为基准,香港市场以恒生指数为基准;美国市场以标普500或纳斯达克综合指数为基准。	股票评级	买入	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅大于15%
		审慎增持	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅在5%~15%之间
		中性	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅在-5%~5%之间
		减持	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅小于-5%
		无评级	由于我们无法获取必要的资料,或者公司面临无法预见结果的重大不确定性事件,或者其他原因,致使我们无法给出明确的投资评级
	行业评级	推荐	相对表现优于同期相关证券市场代表性指数
		中性	相对表现与同期相关证券市场代表性指数持平
		回避	相对表现弱于同期相关证券市场代表性指数

## 信息披露

本公司在知晓的范围内履行信息披露义务。客户可登录 www.xyzq.com.cn 内幕交易防控栏内查询静默期安排和关联公司持股情况。

## 使用本研究报告的风险提示及法律声明

兴业证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准,已具备证券投资咨询业务资格。

本报告仅供兴业证券股份有限公司(以下简称“本公司”)的客户使用,本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。本报告中的信息、意见等均仅供客户参考,不构成所述证券买卖的出价或征价邀请或要约。该等信息、意见并未考虑到获取本报告人员的具体投资目的、财务状况以及特定需求,在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。客户应当对本报告中的信息和意见进行独立评估,并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求,必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专家的意见。对依据或者使用本报告所造成的一切后果,本公司及/或其关联人员均不承担任何法律责任。

本报告所载资料的来源被认为是可靠的,但本公司不保证其准确性或完整性,也不保证所包含的信息和建议不会发生任何变更。本公司并不对使用本报告所包含的材料产生的任何直接或间接损失或与此相关的其他任何损失承担任何责任。

本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断,本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可升可跌,过往表现不应作为日后的表现依据;在不同时期,本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告;本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时,本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改,投资者应当自行关注相应的更新或修改。

除非另行说明,本报告中所引用的关于业绩的数据代表过往表现。过往的业绩表现亦不应作为日后回报的预示。我们不承诺也不保证,任何所预示的回报会得以实现。分析中所做的回报预测可能是基于相应的假设。任何假设的变化可能会显著地影响所预测的回报。

本公司的销售人员、交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。本公司没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。本公司的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

本报告并非针对或意图发送予或为任何就送、发布、可得到或使用此报告而使兴业证券股份有限公司及其关联子公司等违反当地的法律或法规或可致使兴业证券股份有限公司受制于相关法律或法规的任何地区、国家或其他管辖区域的公民或居民,包括但不限于美国及美国公民(1934年美国《证券交易所》第15a-6条例定义为本「主要美国机构投资者」除外)。

本报告的版权归本公司所有。本公司对本报告保留一切权利。除非另有书面显示,否则本报告中的所有材料的版权均属本公司。未经本公司事先书面授权,本报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品,或再次分发给任何其他人,或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。未经授权的转载,本公司不承担任何转载责任。

## 特别声明

在法律许可的情况下,兴业证券股份有限公司可能会持有本报告中提及公司所发行的证券头寸并进行交易,也可能为这些公司提供或争取提供投资银行业务服务。因此,投资者应当考虑到兴业证券股份有限公司及/或其相关人员可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突。投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一信赖依据。

## 兴业证券研究

上海	北京	深圳
地址:上海浦东新区长柳路36号兴业证券大厦15层	地址:北京西城区锦什坊街35号北楼601-605	地址:深圳市福田区皇岗路5001号深业上城T2座52楼
邮编:200135	邮编:100033	邮编:518035
邮箱:research@xyzq.com.cn	邮箱:research@xyzq.com.cn	邮箱:research@xyzq.com.cn