

金属新材料

报告日期：2023 年 04 月 14 日

氮化镓：第三代半导体后起之秀，下游渗透潜力巨大

——行业专题报告

投资要点

- **氮化镓（GaN）是最具代表性的第三代半导体材料之一，禁带宽度达到 3.4eV。**
更宽的禁带宽度、更高的击穿电场、更高的热导率、更高的电子饱和速率及更优的抗辐照能力，使得其在功率器件、射频器件、光电器件领域大有作为。随着 5G 通信、消费电子、新能源汽车、数据中心等高景气度下游逐步提出更高性能要求，有望放量提价。
- **氮化镓衬底制备技术正不断突破，或成降本增效关键点**
目前 GaN 单晶衬底以 2-3 英寸为主，4 英寸已实现商用，6 英寸样本正开发。GaN 体单晶衬底的主要方法有氢化物气相外延法、氨热法，以及助熔剂法；利用各生长方法优势互补有望解决单一生长方法存在的问题，进而提升 GaN 晶体质量、降低成本及推动规模量产。
- **射频电子领域、电力电子领域以及光电子领域为 GaN 主要应用方向**
GaN 是目前能同时实现高频、高效、大功率的代表性器件，在 5G 基站、新能源充电桩等新基建代表中均有所应用。GaN 器件是支撑“新基建”建设的关键核心部件，有助于“双碳”目标实现，推动绿色低碳发展。
- **伴随下游新应用规模爆发，GaN 器件有望持续放量**
2017 年-2021 年国内 GaN 功率器件与射频器件市场规模从 9.2 亿元/12.1 亿元增长至 17.6 亿元/73.3 亿元，CAGR 分别为 17.6%和 56.9%。未来，随着新基建、新能源、新消费等领域的持续推进，GaN 器件在国内市场的应用呈现出快速增长的态势。
随着国家政策的推动和市场的需求，GaN 器件在 5G 基站、数据中心有望集中放量，稳定增长。2021 年我国 5G 基站用 GaN 射频规模 36.8 亿元。2023 年以后，毫米波基站部署将成为拉动市场的主要力量，带动国内 GaN 微波射频器件市场规模成倍数增长。
GaN 器件在“快充”场景引领下，有望随中国经济的复苏和消费电子巨大的存量市场而不断破圈。根据 Yole 预测，2020 年全球 GaN 功率市场规模约为 4600 万美元，预计 2026 年可达 11 亿美元，2020-2026 年 CAGR 有望达到 70%。
GaN 器件在太阳能逆变器、风力发电、新能源汽车等方面将随着技术不断进步陆续“上车”。
- **风险提示**
产品研发速度、下游推广不及预期：相关高景气度下游增速放缓，渗透率不及预期；产能受限风险存在：供应链稳定性受脱钩影响较大。

行业评级：看好(维持)

分析师：施毅
执业证书号：S1230522100002
shiyi@stocke.com.cn

相关报告

- 1 《磁性材料-未来电气化大时代的核材料》 2021.11.24

正文目录

1 氮化镓：宽禁带半导体后起之秀	4
2 氮化镓制备工艺	5
2.1 氮化镓衬底晶体制备技术	6
2.2 氮化镓外延制备	7
3 氮化镓优异性能支撑广阔应用	8
3.1 电力电子领域	8
3.2 射频电子领域	9
3.3 光电子领域	9
4 下游市场加速渗透，新应用逐步加码	10
4.1 稳健增长点 1——5G 通信基站驱动射频器件业务持续扩张	10
4.2 稳健增长点 2——高功率电源需求带动功率器件放量提价	11
4.3 潜在增长点 1——新能源汽车有望打开 GaN 功率器件第二增长曲线	13
4.4 潜在增长点 2——AI 新时代有望推动数据中心提升功率半导体需求	13
5 氮化镓领域企业梳理	14
5.1 日本住友——氮化镓技术储备占绝对优势，技术支撑商业成功	14
5.2 三安光电——国产 LED 龙头	15
5.3 国内氮化镓产业发展状况	15
6 风险提示	16

图表目录

图 1: 半导体材料发展路径.....	4
图 2: GaN、SiC 与 Si 性能对比雷达图	4
图 3: GaN 产业链概览.....	5
图 4: 氨热法制备 GaN 体单晶	6
图 5: 三菱化学 LPAAT 制备高质量 4 英寸 GaN 单晶	6
图 6: HVPE 装置示意图	7
图 7: 助熔剂法原理示意图.....	7
图 8: MOCVD 设备.....	7
图 9: MBE 装置.....	7
图 10: GaN 应用图谱	8
图 11: 各类半导体材料使用频率与功率范围	8
图 12: 5G 单站典型功耗.....	9
图 13: 5G 生态系统中的开关电源(SMPS).....	9
图 14: 2017-2025 年国内 GaN 功率、射频器件市场规模及预测/亿元	10
图 15: 2021 年中国氮化镓射频器件应用市场结构	11
图 16: 中国 5G 基站建设数量及预测.....	11
图 17: 2018-2021RF GaN HEMT 与 Si LDMOS 价格变化.....	11
图 18: 2020 年 GaN 快充功率份额占比	12
图 19: PD 快充 GaN 器件市场规模/亿元	12
图 20: PD 快充所需 GaN-on-SiC 晶圆/万片	12
图 21: 电动汽车 GaN 应用场景	13
图 22: GaN 系统可减少数据中心运营成本与碳排放量	14
图 23: GaN 产业链企业图谱	14
图 24: 截至 2021 年 9 月全球氮化镓行业技术来源国分布情况	15
图 25: 2017-2021 三安光电营收及毛利率.....	15
图 26: 三安光电业务构成.....	15
图 27: 国内 GaN 产业布局情况	16
表 1: 不同半导体材料性能对比.....	4
表 2: 衬底材料与晶体管材料搭配适用场景	5
表 3: 氮化镓外延使用不同衬底对比.....	5
表 4: GaN 晶体生长方法对比	6
表 5: 氮化镓光电器件主要新产品.....	9
表 6: 新能源汽车销量预测(万辆, %)... ..	13
表 7: 氮化镓行业产能情况 (截至 2020 年底)	16

1 氮化镓：宽禁带半导体后起之秀

氮化镓（GaN）是一种宽禁带半导体材料，其禁带宽度达到 3.4eV，是最具代表性的第三代半导体材料之一。

图1：半导体材料发展路径



资料来源：浙商证券研究所

第三代半导体因为具有更宽的禁带宽度、更高的击穿电场、更高的热导率、更高的电子饱和速率及更优的抗辐照能力，更适合制作高温、高频、大功率及抗辐照器件，可广泛应用在高压、高频、高温以及高可靠性等领域，包括射频通信、雷达、卫星、电源管理、汽车电子、工业电力电子等。

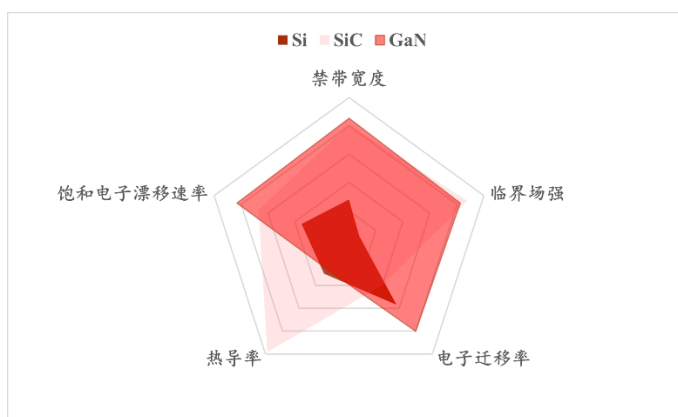
表1：不同半导体材料性能对比

性能指标	禁带宽度 /[eV]	临界场强 /[MV/cm]	电子迁移率 /[cm ² /V·s]	热导率 /[W/cm·K]	饱和电子漂移速率 /[10 ⁷ cm/s]
Si	1.12	0.3	1500	1.5	1.0
SiC	3.23	3.5	650	4.0	2.0
GaN	3.42	3.3	2000	1.3	2.5

资料来源：《宽禁带半导体高频及微波功率器件与电路》赵正平,浙商证券研究所

第三代半导体材料正在成为抢占下一代信息技术、节能减排及国防安全技术的战略制高点，是战略性新兴产业的重要组成部分。

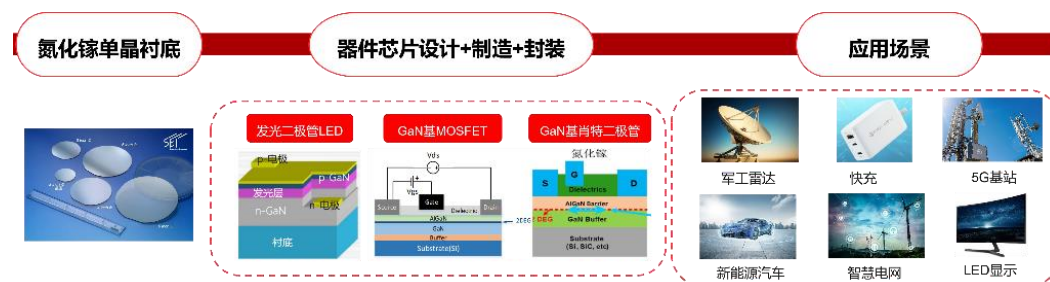
图2：GaN、SiC 与 Si 性能对比雷达图



资料来源：浙商证券研究所

GaN 产业范畴大致包括：**GaN 单晶衬底**（以 SiC、Si、蓝宝石为衬底）、**GaN 材料外延、器件设计以及器件制造**。国内氮化镓企业以 IDM 模式为主，充分挖掘行业技术潜力，且有条件率先实验并推行新技术。随着行业规模不断拓展，设计与制造环节已经开始出现分工，如传统硅晶圆代工厂台积电已经开始提供 GaN 制程的代工服务。

图3：GaN 产业链概览



资料来源：智慧芽，浙商证券研究所

从产业链各环节来看，欧美日企业发展较早，技术积累、专利申请数量、规模制造能力等方面均处于绝对优势，中国在自主替代大趋势下，目前在产业链各环节均有所涉足，在政策支持下已在技术与生产方面取得进步。

2 氮化镓制备工艺

氮化镓产业链上游主要包括衬底与外延片的制备。在 GaN 器件中，衬底的选择对于器件性能起关键作用，衬底也占据了大部分成本，因而**衬底是 GaN 器件降低成本的突破口**。由于 GaN 单晶衬底生长尺寸受限，通常在异质衬底（蓝宝石、SiC 和 Si）上生长外延片。

表2：衬底材料与晶体管材料搭配适用场景

衬底材料	外延材料	
	GaN	
衬底材料	GaN	功率器件
	SiC	功率器件/射频器件
	Si	功率器件/射频器件
	蓝宝石	光电器件

资料来源：氮化镓科技汇，浙商证券研究所

目前 GaN 器件主要采用蓝宝石、SiC、Si 等衬底，但外延层 GaN 和异质衬底之间存在晶格失配和热失配问题，效率降低，研究者们正着力突破 GaN 单晶衬底的制备技术。

表3：氮化镓外延使用不同衬底对比

衬底材料	最大尺寸/英寸	成本/美元/片	热导率/[W/cm·K]	外延片质量
Sapphire	4	20	0.5	好
Si	8	20	1.5	一般
SiC	6	约 1000	4.9	很好
GaN	2	约 2000	1.3	非常好

资料来源：赛迪智库，上海有色网，浙商证券研究所

2.1 氮化镓衬底晶体制备技术

目前 GaN 单晶衬底以 2-4 英寸为主，4 英寸已实现商用，6 英寸样本正开发。GaN 体单晶衬底的主要方法有**氢化物气相外延法（HVPE）、氨热法，以及助熔剂法**，上述三种方法对应的生长条件、生长速率和优劣比较如表 4 所示。

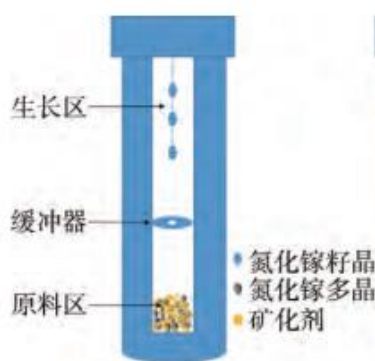
表4：GaN 晶体生长方法对比

方法	晶体尺寸/位错密度	生长压力	生长温度/℃	生长速度	优点	缺点
HVPE	2-6 inch/ 10^6 - 10^8 cm ⁻²	1 atm	1020-1050 °C	100-200 μm/h	高生长速率	成本高、曲率大
氨热法	2-4 inch/ 5×10^3 cm ⁻²	100-400 Mpa	400-750 °C	20 μm/d-1 mm/d	位错密度低、易产业化	高压、生长速率低
助熔剂法	2-6 inch/ 10^5 cm ⁻²	<5 Mpa	800 °C	10-60 μm/h	生长温度、压力适中	多晶成核控制难

资料来源：《氮化镓单晶生长研究进展》任国强，浙商证券研究所

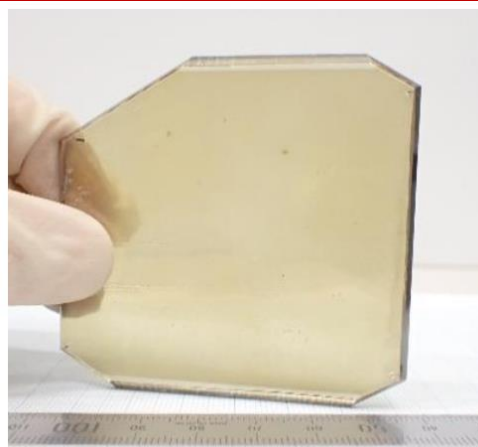
- HVPE 方法生长速率快、易得到大尺寸晶体，是目前商业上提供氮化镓单晶衬底的主要方法；其缺点是成本高、晶体位错密度高、曲率半径小以及会造成环境污染。
- 氨热法生长技术结晶质量高，可以在多个籽晶上生长，易规模化生产，可以显著降低成本；缺点是生长压力较高，生长速率低。
- 助熔剂法生长条件相对温和，对生长装备要求低，可以生长出大尺寸的氮化镓单晶；其缺点是易于自发成核形成多晶，难以生长出较厚的氮化镓晶体。

图4：氨热法制备 GaN 体单晶



资料来源：《氮化镓单晶生长研究进展》任国强，浙商证券研究所

图5：三菱化学 LPAAT 制备高质量 4 英寸 GaN 单晶

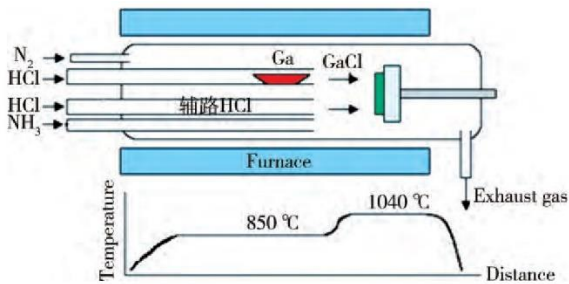


资料来源：三菱化学官网，浙商证券研究所

利用各生长方法优势互补解决单一生长方法存在的问题是解决 GaN 单晶晶体质量、成本及规模量产的有效途径。2021 年三菱化学宣布采用低压酸性氨热法（LPAAT）开发出 4 英寸 GaN 单晶衬底，且晶体缺陷仅为普通 GaN 衬底的 1/100-1/1000。三菱化学计划于 2022 年 4 月起开始向市场供应 4 英寸 GaN 单晶衬底。

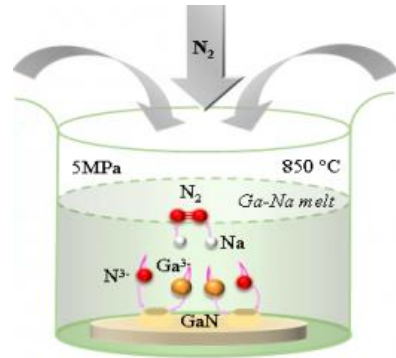
我们认为，开发生长尺寸更大、良率更高的 GaN 晶体制备方法将是氮化镓器件降本增效的关键一步，是其能否在诸多下游应用领域渗透放量的决定性因素。

图6: HVPE 装置示意图



资料来源:《氮化镓单晶生长研究进展》任国强, 浙商证券研究所

图7: 助熔剂法原理示意图



资料来源: 半导体产业网, 浙商证券研究所

2.2 氮化镓外延制备

由于 GaN 的熔点很高, 且饱和蒸汽压较高, 在自然界中无法以单晶形式存在, 必须采用外延法进行制备。MOCVD (金属有机物气相沉积法), MBE (分子束外延法), HVPE (氢化物气相外延法) 等是比较传统的 GaN 薄膜制备方法。

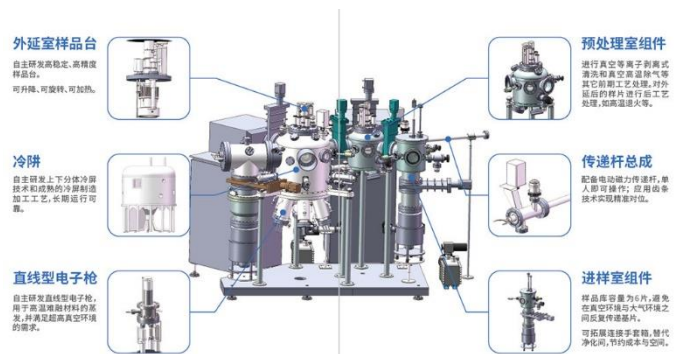
- MOCVD 工艺以三甲基镓作为镓源, 氨气作为氮源, 以蓝宝石 (Al₂O₃) 作为衬底, 并用氢气和氮气的混合气体作为载气, 将反应物载入反应腔内, 加热到一定温度下使其发生反应, 在衬底表面上吸附、成核、生长, 最终形成一层 GaN 单晶薄膜。采用 MOCVD 法制备的产量大, 生长周期短, 适合用于大批量生产。
- MBE 法制备 GaN 与 MOCVD 法类似, 主要区别在于镓源的不同。MBE 法的镓源通常采用 Ga 的分子束, NH₃ 作为氮源。用该方法可以在较低的温度下实现 GaN 的生长, 一般为 700 °C 左右。但外延层较厚的膜反应时间较长, 在生产中发挥的效率欠佳, 因此该方法尚不能用于大规模生产。
- HVPE 法与上述两种方法的区别也在于镓源, 通常以镓的氯化物 GaCl₃ 为镓源, NH₃ 为氮源, 在衬底上以 1000 °C 左右的温度生长出 GaN 晶体。此方法生成的 GaN 晶体质量较好, 高温下生长速度快, 但高温反应对设备、成本与技术要求都比较高。

图8: MOCVD 设备



资料来源: 中微半导体官网, 浙商证券研究所

图9: MBE 装置

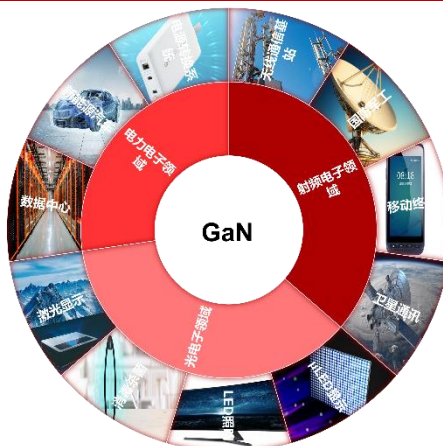


资料来源: 智能制造网, 浙商证券研究所

3 氮化镓优异性能支撑广阔应用

氮化镓材料具备更宽的禁带宽度、更高的击穿电场、更高的热导率、更高的电子饱和速率及更优的抗辐照能力，目前其主要应用方向可分为：电力电子领域、射频电子领域以及光电子领域。

图10： GaN 应用图谱



资料来源：浙商证券研究所

氮化镓器件是支撑“新基建”建设的关键核心部件。氮化镓是目前能同时实现高频、高效、大功率的代表性器件，在 5G 基站、新能源充电桩等新基建代表中均有所应用。

氮化镓器件可实现高效电能转换，有助于“双碳”目标实现。第三代半导体可助力实现光伏、风电、特高压输电、新能源汽车等诸多领域的高效电能转换，推动绿色低碳发展。

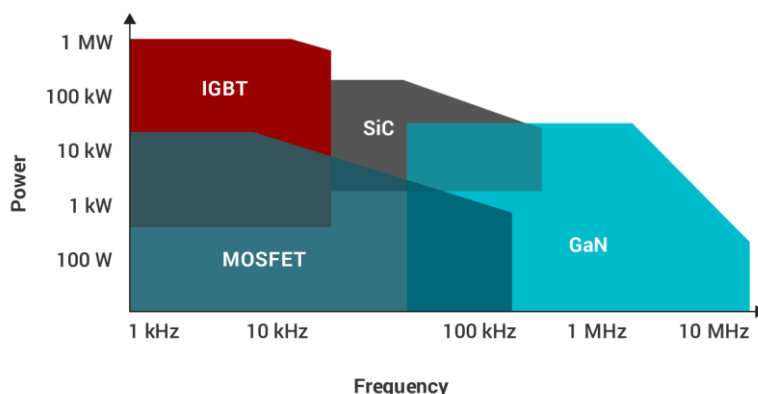
3.1 电力电子领域

氮化镓高低损耗与高频率的材料特性使其在电力电子领域具备应用优势，尤其是在消费电子充电器、电源适配器等领域具有相当的渗透潜力。

低导通损耗：GaN 的禁带宽度是 Si 的 3 倍，击穿电场是 Si 的 10 倍。同等额定电压下 GaN 开关功率器件的导通电阻比 Si 器件低 3 个数量级，极大降低了开关的导通损耗；

高开关频率：GaN 器件可在 PFC 中实现超过 150kHz 的开关频率，在直流电源转换器中实现超过 1MHz 的开关频率，显著缩小磁性器件的尺寸，更低成本实现更高功率密度。

图11： 各类半导体材料使用频率与功率范围



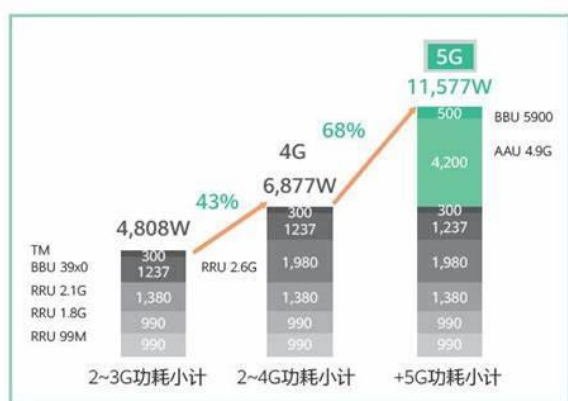
资料来源：Texas Instrument 官网，浙商证券研究所

3.2 射频电子领域

氮化镓射频器件主要应用于**军用雷达、卫星通讯、5G 基站**等方面，由于涉及国家安全，海外企业对高性能氮化镓器件实行对华禁运。在国产替代的迫切要求下，相关氮化镓射频器件企业已逐步打破国外垄断，取得技术进步。

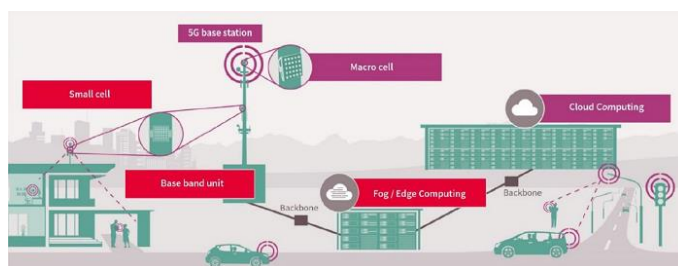
以 5G 通信为例，虽然消费者可以通过 5G 获得**更高的带宽、更低的延迟和更先进的服务**，但是这也意味着服务价格会有所提高，而对电信和网络运营商而言，设备和运营成本几乎会是指数上升，主要原因就是 5G 比 4G 需要**更多的电力消耗、更多基站布局以及更大的边缘网络容量**。

图12: 5G 单站典型功耗



资料来源：华为，浙商证券研究所

图13: 5G 生态系统中的开关电源(SMPS)



资料来源：物联网世界，Technology World，浙商证券研究所

解决上述难题的唯一方法是提高功率转换级的效率，GaN 体系可处理更高频率与更高效能的电源。相较于硅组件，GaN 可以在尺寸和能耗减半的条件下输送同等功率，从而提升功率密度，帮助下游应用场景极大降低空间需求。GaN 的功率密度优势可充分满足运营商在部署 5G 网络时对设备功率与频率的要求。**5G 网络基础设施的要求与 GaN 的技术优势几乎完美匹配。**

3.3 光电子领域

相较于传统的硅材料，氮化镓具有更高的电子迁移率、更宽的能隙、更好的热导率和更高的韧性。这些特性使得氮化镓在光电子领域具有重要的应用优势。

表5： 氮化镓光电器件主要新产品

名称	介绍	应用领域
Mini-LED	芯片尺寸介于 50-200 μm 之间的 LED 器件	智能电视显示屏、智能手机、平板电脑
Micro-LED	以自发光的微米量级 LED 为发光像素单元的显示技术	脑等消费电子背光应用、VR/AR 等

资料来源：CASA，浙商证券研究所

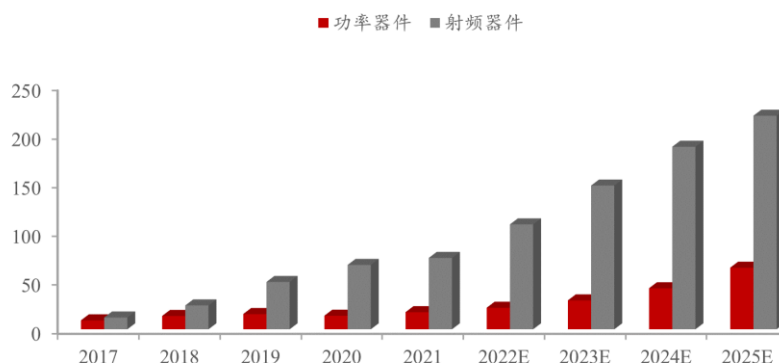
氮化镓材料可以用于制备高性能的 LED（发光二极管）和 LD（激光二极管）器件。LED 具有高亮度、低功耗、长寿命和环保等优点，被广泛应用于室内和室外照明、汽车车灯、显示屏、信号灯等领域。而 LD 则可以用于通信、医疗、工业加工等领域，具有较高的能量转换效率、较小的尺寸和较快的开关速度等特点。其次，氮化镓材料还可以用于制备高性能的光电子器件，如光电探测器、太阳能电池和光通信器件等。

4 下游市场加速渗透，新应用逐步加码

据 CASA 数据，2021 年我国第三代半导体 SiC、GaN 电力电子和 GaN 微波射频市场规模达到 144.4 亿元，较 2020 年增长 28%。下游领域新能源汽车、5G 基站建设、PV 光伏和 PD 快充市场的爆发带动了第三代半导体器件不断渗透。另一方面，随着国内企业在近年来在新能源汽车、PD 快充领域的突破，未来几年国内企业有望进一步挤压原本被国际大厂独占的国内市场。

2017 年-2021 年国内 GaN 功率器件与射频器件市场规模从 9.2 亿元/12.1 亿元增长至 17.6 亿元/73.3 亿元，CAGR 分别为 17.6%和 56.9%。据 CASA Research 统计，2021 年国内 SiC、GaN 功率半导体市场规模约为 71.1 亿元，而第三代半导体在电力电子领域渗透率超过 2.3%。

图14：2017-2025 年国内 GaN 功率、射频器件市场规模及预测/亿元



资料来源：CASA，浙商证券研究所

氮化镓器件在能源效率、功率密度、可靠性等方面相对于传统半导体器件有明显的优势，伴随 5G 通信生态、AIGC、云计算、大数据等新兴技术的快速发展，我们认为高速、高效、高能的半导体器件需求将日益增加，GaN 器件作为重要的功率和射频器件，在未来大有可为。

未来，随着新基建、新能源、新消费等领域的持续推进，氮化镓器件在国内市场的应用呈现出快速增长的态势。随着国家政策的推动和市场的需求，氮化镓器件在 5G 基站、数据中心有望集中放量，稳定增长；氮化镓器件在太阳能逆变器、风力发电、新能源汽车等方面将随着技术不断进步陆续“上车”；GaN 器件在“快充”的场景引领下，有望随着中国经济的快速发展和消费电子巨大的存量市场而不断破圈。

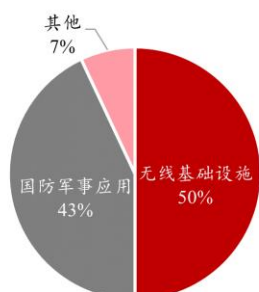
总的来看，我们认为伴随 5G 通信和消费电子业务的确定性增长、新能源赛道与数据中心的集中爆发，氮化镓器件将在未来 3-5 年迎来“放量提价”的机遇。

4.1 稳健增长点 1——5G 通信基站驱动射频器件业务持续扩张

无线通讯基础设施是氮化镓射频器件的主要应用领域，占比达到 50%，据 CASA Research 统计，2021 年 GaN 射频市场规模为 73.3 亿元，较上年增长 11%。氮化镓材料的优异性能使得其射频器件在 5G 基站应用中更为合适。5G 基站中主要使用的是氮化镓功率放大器和微波射频器件。氮化镓材料在耐高温、耐高压及承受大电流方面具备优势，与传统通信芯片相比具备更优秀的功率效率、功率密度和宽频信号处理能力。

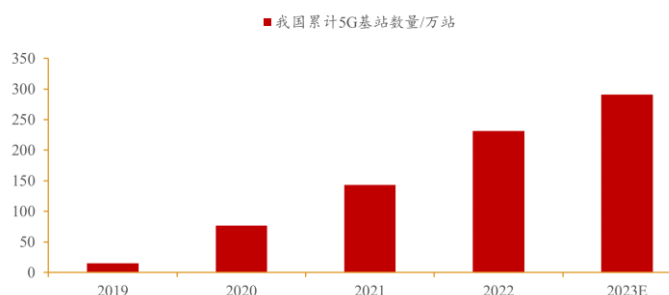
根据工信部数据，截至 2022 年 12 月末，我国已建成 5G 基站总数达到 230 万个，2022 年新建 88.7 万站 5G 基站，当前 5G 基站数量已达到移动基站总数的 22%。工信部指引 2023 年将新建 5G 基站 60 万个，累计 5G 基站总数将超过 290 万个。

图15：2021 年中国氮化镓射频器件应用市场结构



资料来源：CASA，浙商证券研究所

图16：中国 5G 基站建设数量及预测

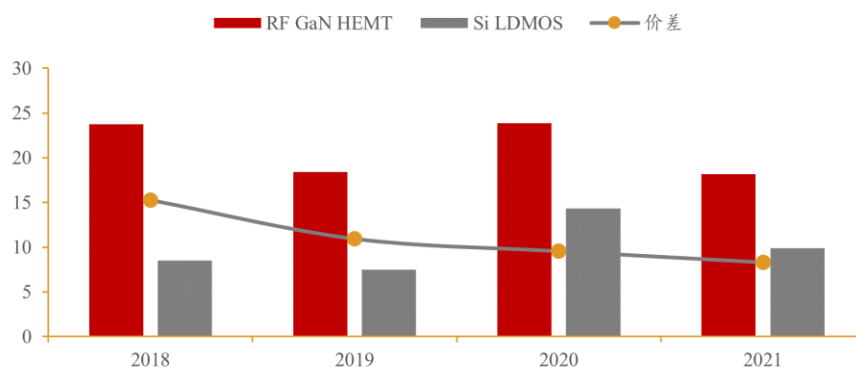


资料来源：工信部，浙商证券研究所

2021 年我国 5G 基站用 GaN 射频规模 36.8 亿元。2023 年以后，毫米波基站部署将成为拉动市场的主要力量，带动国内 GaN 微波射频器件市场规模成倍数增长。

折算成晶圆来看，2021 年国内 5G 宏基站生产对 4 英寸 GaN 晶圆需求量约 8.4 万片，未来 5 年的总需求将超过 60 万片。若毫米波基站开始部署，其 4 英寸 GaN 晶圆总需求约为 200-400 万片。

图17：2018-2021 RF GaN HEMT 与 Si LDMOS 价格变化



资料来源：Mouser，Digi-Key，CASA，浙商证券研究所

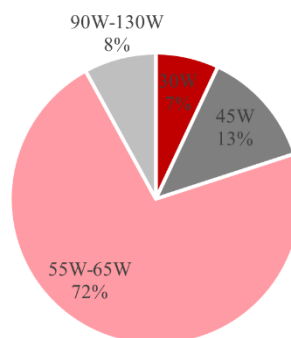
值得关注的是，目前 GaN 射频器件随着技术进步价格下降。据 Mouser 数据，2018-2021 年，RF GaN HEMT 与 Si LDMOS 价差持续缩小。这也将有助于 GaN 射频器件提升渗透率。

4.2 稳健增长点 2——高功率电源需求带动功率器件放量提价

GaN 的“双高”特性在高性能消费电子设备中渗透潜力巨大，可满足快速充电与充电保护的场景要求。具体应用场景主要包括：PD 快充、电源适配器、无线充电、过电压保护 OVP 等。消费电子领域存量市场巨大但竞争激烈，但占据性能高地的 GaN 功率器件有望不断渗透并创造新的增量动力。

除 PD 快充以外，消费电子市场还有两个趋势有望成为 GaN 功率产品在消费电子领域的新增长点，一是大功率快充产品的前端 PFC 电路中采用了 GaN 电力电子器件，二是苹果、华为、三星等移动设备厂商在研发基于 GaN 的高频无线感应充电产品来提升移动产品的无线充电性能。

图18：2020 年 GaN 快充功率份额占比

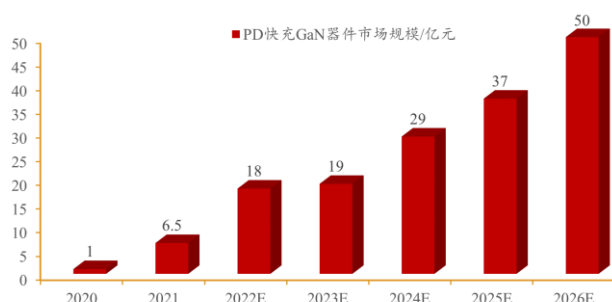


资料来源：TrendForce，浙商证券研究所

根据 Yole 预测，2020 年全球 GaN 功率器件市场规模约为 4600 万美元，预计 2026 年可达 11 亿美元，2020-2026 年 CAGR 有望达到 70%。

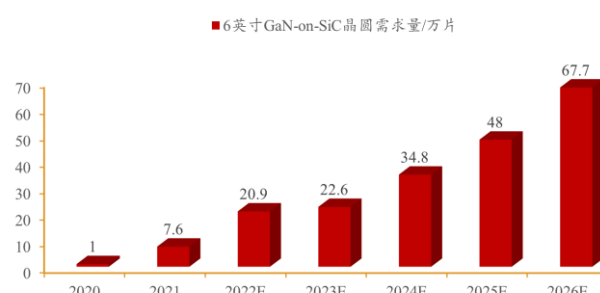
具体来看，“充电”将成为 GaN 功率器件放量提价的关键。在电源适配器、无线充电应用中，GaN 器件关断速度快、开关频率高、无反向恢复损失、低传导损耗的特点可以得到充分发挥，逐步取代原有电源适配器中 Si MOSFET 趋势明显。

图19：PD 快充 GaN 器件市场规模/亿元



资料来源：CASA，浙商证券研究所

图20：PD 快充所需 GaN-on-SiC 晶圆/万片



资料来源：CASA，浙商证券研究所

一方面，与传统适配器中的 Si MOSFET 相比，GaN 器件在减少开关损耗及改善充电效率的同时保证适配器小尺寸化，可大大提升电源适配器效能；

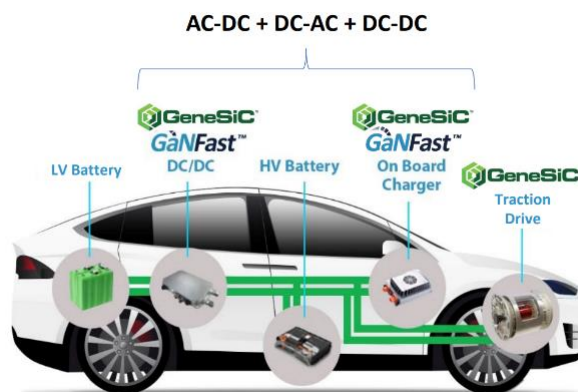
另一方面，5G 的快速推广加速 GaN 快充渗透前后装市场。5G 手机高能耗应用增加及性能提高带动移动终端快充需求上升，前后装市场中，GaN 电源适配器方案受到小米、OPPO、魅族、Anker 等厂商采纳，放量动力明显。

CASA Research 数据显示 2021 年国内 PD 快充 GaN 电力电子器件市场规模为 6.5 亿元，若以年均增速 50%计，2026 年可达 50 亿元，对应上游晶圆需求 68 万片。

4.3 潜在增长点 1——新能源汽车有望打开 GaN 功率器件第二增长曲线

2022 年全国新能源汽车销量达到 680 万辆，渗透率爆发式提升，汽车电动化等级提升显著增加了功率半导体单车价值量。GaN 功率半导体主要用于电动汽车的动力总成系统，包括车载充电器 OBC、DC-DC/DC-AC 及 BMS 电池管理系统。

图21：电动汽车 GaN 应用场景



资料来源：Navitas，浙商证券研究所

车规级市场对功率芯片可靠性、稳定性、效率要求更高。车规级芯片在温度适用范围、湿度、抗电磁干扰、抗机械振动方面，都比消费类和工业级提出更高要求，设计寿命也远长于消费类和工业级芯片。根据 Navitas、Yole 数据测算，预计 2030 年电动汽车单车 GaN 价值量有望达到 50 美元/辆。

表6：新能源汽车销量预测(万辆，%)

	2020	2021	2022	2023E	2024E	2025E
汽车	2526.8	2624.8	2684.9	2792.3	2904	2991.1
YOY	-1.90%	3.90%	2.30%	4.00%	4.00%	3.00%
传统汽车	2394.5	2274.1	1997.7	1855.1	1711.9	1549.3
YOY	-2.50%	-5.00%	-12.20%	-7.10%	-7.70%	-9.50%
新能源汽车	132.3	350.7	687.2	937.2	1192.1	1441.8
YOY	9.70%	165.10%	95.90%	36.40%	27.20%	20.90%

资料来源：中汽协，浙商证券研究所

尽管 GaN 功率器件具备优异的性能，但在新能源汽车领域其渗透能力仍需持续关注，SiC 器件在性能指标、成本、工艺成熟度等方面均具备更强的先发优势。

4.4 潜在增长点 2——AI 新时代有望推动数据中心提升功率半导体需求

2023 年，伴随 ChatGPT 风靡全球，AIGC 有望加速推动其下游业务，对上游算力支撑提出巨大需求，数据中心放量确定性极强。GaN 功率半导体主要用于数据中心的 PSU 电源供应单元。与传统 Si 相比，GaN 可以减少用电成本并提升能量密度，减小 PSU 单元尺寸、优化数据中心整体机架排布，提供更紧凑、高效、可靠的电力供应系统。

图22: GaN 系统可减少数据中心运营成本与碳排放量



资料来源: GaN System, 浙商证券研究所

2022 年 3 月, GaN Systems 宣布推出尖端电源单元 (PSU) 解决方案, 使数据中心能够提高盈利能力, 降低运营成本, 并减少能源消耗, 为更可持续的未来做出贡献。对于数据中心中的每 10 个一组的机架, 如果使用基于 GaN 的 PSU 可提高 300 万美元的利润, 并降低数据中心的运营成本, 而且每年还可以减少 100 多吨的二氧化碳排放量。

5 氮化镓领域企业梳理

全球氮化镓主要创新主体的龙头集中于日本、美国。氮化镓产业国外重点企业包括日本住友、美国 Cree、德国英飞凌、韩国 LG、三星等, 中国企业代表有, 晶元光电、三安光电、台积电、华灿光电等, 目前中国企业和国外企业相比, 技术储备、生产能力等方面仍有巨大差距。

图23: GaN 产业链企业图谱



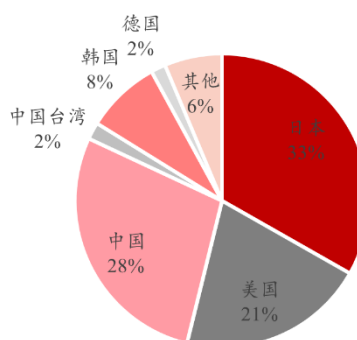
资料来源: 各公司官网, 浙商证券研究所

5.1 日本住友——氮化镓技术储备占绝对优势, 技术支撑商业成功

日本住友化学和住友电工是氮化镓器件领域的两家重要企业。住友化学在氮化镓晶体生长方面积累了丰富的经验, 住友电工则在氮化镓外延技术方面拥有非常强的技术积累。住友电工开发了高质量的氮化镓外延片在高频、高功率和高亮度等领域的氮化镓器件研究方面取得了重要进展, 如高亮度 LED 和高功率器件。

住友 1970 年开始制造化合物半导体, 2003 年在全球率先量产 GaN 衬底, 2006 年在全球率先实现高性能 GaN HEMT 量产。目前是全球 GaN 射频器件的主要供应商。

图24：截至2021年9月全球氮化镓行业技术来源国分布情况



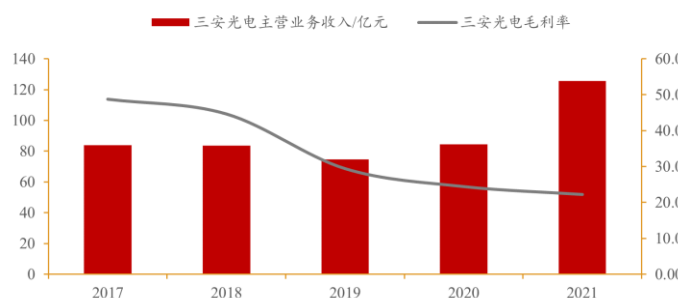
资料来源：前瞻产业研究院，智慧芽，浙商证券研究所

住友化学与住友电工上世纪70年代就开始申请 GaN 相关专利，90 年代随着 GaN 单晶生长，蓝光 LED 技术突破，专利量快速增长。目前失效专利占比较高，有效保有专利 1600 多件。本土专利布局最多，海外市场侧重于美国、中国、欧洲和韩国。

5.2 三安光电——国产 LED 龙头

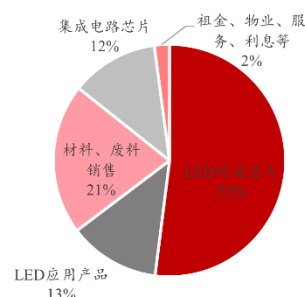
三安光电 2000 年成立于厦门，是国内规模最大的 LED 外延片、芯片企业，2015 年投资建设 GaN 高功率半导体项目；2018 年在泉州斥资 333 亿元投资 III-V 族化合物半导体材料、LED 外延、芯片、微波集成电路、光通讯、射频滤波器等产业。

图25：2017-2021 三安光电营收及毛利率



资料来源：三安光电年报，浙商证券研究所

图26：三安光电业务构成



资料来源：三安光电年报，浙商证券研究所

在技术布局方面，三安光电以国内布局为主，逐步拓展海外市场，重视美国市场。2001 年开始申请 GaN-LED 相关专利，此前专利来自索尼-夏普等转让，2013 年全资收购 Luminus Inc 推动了其技术积累。目前相关技术逐步向功率器件方向转变积累，值得一提的是其已成为华为 GaN 功率器件代工商。

5.3 国内氮化镓产业发展状况

中国氮化镓行业发展速度较快，国产化水平不断提升，多家本土企业已拥有氮化镓晶圆制造水平。截至 2020 年，国内电力电子领域和射频领域的 GaN 晶圆产线各有 10 条。

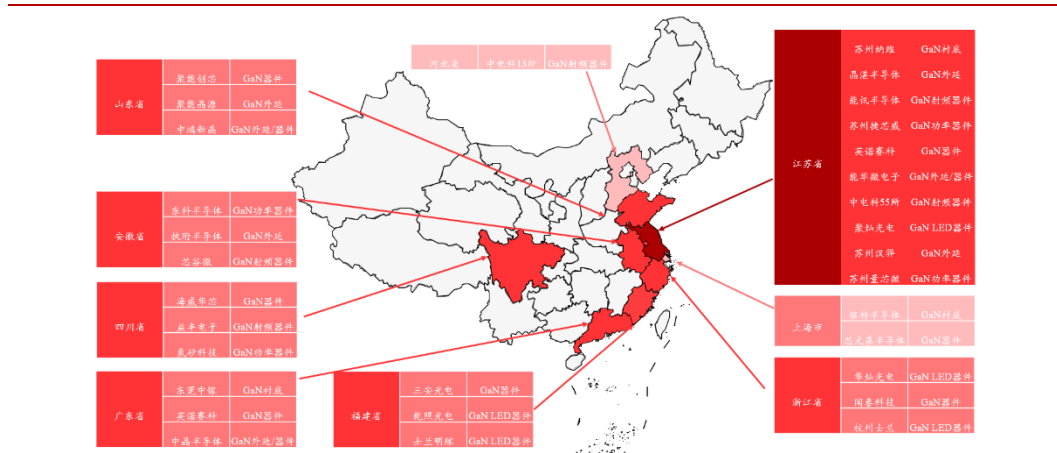
表7：氮化镓行业产能情况（截至2020年底）

应用环节	产线状态与数量	主要企业
GaN 电力电子	已有+在建共 10 条	英诺赛科、赛微电子、华润微、能华微电子、宁波海特创电控、三安光电
GaN 射频	已有+在建共 10 条	三安光电、中电科 13 所、中电科 55 所、苏州能讯、海威华芯

资料来源：CASA，前瞻产业研究院，浙商证券研究所

2019 年至 2020 年，中国氮化镓外延及器件产能情况大幅提升，产业链各环节产能增长，市场供给持续增长。

图27：国内 GaN 产业布局情况



资料来源：CASA，智慧芽，浙商证券研究所

6 风险提示

（1）**产品研发速度、下游推广不及预期**：半导体行业竞争激烈，近年来 SiC 技术升级、产品研发、材料迭代速度快，同时相关材料获取终端应用认证周期较长。同时以氧化镓为代表的第四代半导体技术若取得突破也将威胁氮化镓市场。

（2）**相关高景气度下游增速放缓，渗透率不及预期**：尽管 5G 通信、新能源、数据中心目前存在较强的景气度，若出现需求不振，或相关 Si 基材料替代意愿不强，或 SiC 替代优势进一步扩大，将影响 GaN 市场渗透率与进一步放量。

（3）**产能受限风险存在**：尽管目前国内厂商以 IDM 模式为主，但该模式下资金投入大，新增产能周期长，将受到半导体行业周期影响，或出现阶段性产能受限；而对于采用 Fabless 模式的公司则强依赖于晶圆代工厂，且设计与产品对接速度降低，将影响整个行业供货速度。

（4）**供应链风险依旧存在**：目前，受美国政府管制及相关法律约束，相关技术与供应链“脱钩”趋势仍在。考虑到中国市场的巨大规模与海外厂商的技术领先，若相关进出口限制进一步延伸，将极大影响行业发展与相关公司业务。

股票投资评级说明

以报告日后的 6 个月内，证券相对于沪深 300 指数的涨跌幅为标准，定义如下：

1. 买入：相对于沪深 300 指数表现+20%以上；
2. 增持：相对于沪深 300 指数表现+10%~+20%；
3. 中性：相对于沪深 300 指数表现-10%~+10%之间波动；
4. 减持：相对于沪深 300 指数表现-10%以下。

行业的投资评级：

以报告日后的 6 个月内，行业指数相对于沪深 300 指数的涨跌幅为标准，定义如下：

1. 看好：行业指数相对于沪深 300 指数表现+10%以上；
2. 中性：行业指数相对于沪深 300 指数表现-10%~+10%以上；
3. 看淡：行业指数相对于沪深 300 指数表现-10%以下。

我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重。

建议：投资者买入或者卖出证券的决定取决于个人的实际情况，比如当前的持仓结构以及其他需要考虑的因素。投资者不应仅仅依靠投资评级来推断结论。

法律声明及风险提示

本报告由浙商证券股份有限公司（已具备中国证监会批复的证券投资咨询业务资格，经营许可证编号为：Z39833000）制作。本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，但浙商证券股份有限公司及其关联机构（以下统称“本公司”）对这些信息的真实性、准确性及完整性不作任何保证，也不保证所包含的信息和建议不发生任何变更。本公司没有将变更的信息和建议向报告所有接收者进行更新的义务。

本公司的客户作参考之用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。

本报告仅反映报告作者的出具日的观点和判断，在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议，投资者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。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。

本公司的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。本公司的资产管理公司、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。

本报告版权均归本公司所有，未经本公司事先书面授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、发布、传播本报告的全部或部分内容。经授权刊载、转发本报告或者摘要的，应当注明本报告发布人和发布日期，并提示使用本报告的风险。未经授权或未按要求刊载、转发本报告的，应当承担相应的法律责任。本公司将保留向其追究法律责任的权利。

浙商证券研究所

上海总部地址：杨高南路 729 号陆家嘴世纪金融广场 1 号楼 25 层

北京地址：北京市东城区朝阳门北大街 8 号富华大厦 E 座 4 层

深圳地址：广东省深圳市福田区广电金融中心 33 层

上海总部邮政编码：200127

上海总部电话：(8621) 80108518

上海总部传真：(8621) 80106010

浙商证券研究所：<https://www.stocke.com.cn>