

AlN 应用性能出众，国产替代机遇显著

主要观点：

► 氮化铝热导性绝缘性出众，应用前景广

氮化铝具有一系列优良特性，核心优势特性为优良的热导性、可靠的电绝缘性、以及与硅相匹配的热膨胀系数等。它既是新一代散热基板和电子器件封装的理想材料，也可用于热交换器、压电陶瓷及薄膜、导热填料等，应用前景广阔。

► 半导体、新能源领域激发 AlN 需求增长

根据 Maximize Market Research 数据，2021 年全球陶瓷基板市场规模达到 65.9 亿美元，预计 2029 年全球规模将达到 109.6 亿美元，年均增长率约 6.57%。

氮化铝作为陶瓷基板的理想材料市场广阔，不同产品类型应对不同应用场景需求，其中以 AMB、DBC、DPC、HTCC 和结构件为主要产品类型。AMB、DBC 借 IGBT 之风，伴随新能源与电动车领域发展迅猛；DPC 受大功率 LED 市场青睐；HTCC 因射频、军工领域拉动需求增长；半导体硅片所用的静电吸盘则为 AlN 结构件重要应用。因此我们认为 AlN 需求将持续受益于高速增长的半导体与新能源市场。

► 氮化铝粉体至关重要，粉板一体企业优势明显

高性能的氮化铝关键在于粉体制备，粉体质量直接影响基板性能，我们认为上下游一体化企业将获得更明显竞争优势。随着近年来电子产业的高速发展，我国氮化铝粉体市场需求快速增长，根据旭光电子公告的数据，中国氮化铝粉体需求量将保持 15% 左右的增速，到 2025 年国内市场需求量约 5,600 吨。国内氮化铝产量不能满足市场需求，粉料大量依赖进口。但随着国内研究不断深入，氮化铝制备技艺不断提高，国内外差距正在逐渐缩小，且随着我国政策大力支持加之市场需求不断扩大，国内粉体产业正向高质量推进。

投资建议

我们预计 AlN 凭借出色的热导性、绝缘性附加与硅相匹配的热膨胀系数，作为散热件和结构件将在半导体、新能源及军工领域获得大量新增需求。国内 AlN 产业发展迅猛，国产替代空间巨大，因为粉体质量直接影响基板性能，我们认为布局粉板兼有的上下游一体化公司将脱颖而出。核心受益：旭光电子、国瓷材料、三环集团、宏达电子。

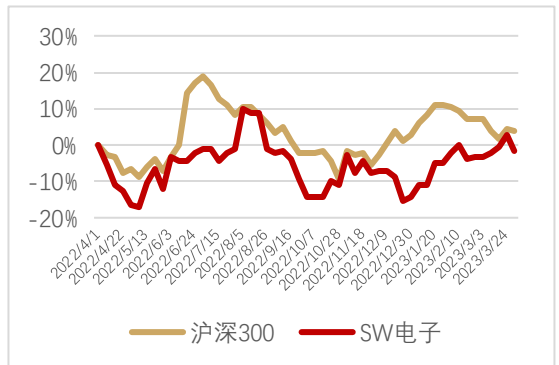
风险提示

相关产业政策低于预期，影响市场需求释放规模；新技术研发进程缓慢，产品研发不及预期；系统性风险。

评级及分析师信息

行业评级：推荐

行业走势图



证券分析师：刘奕司

邮箱：liuys1@hx168.com.cn

SAC NO: S1120521070001

联系电话：

正文目录

1. 氮化铝热导性绝缘性出众，其热膨胀系数与硅相匹配.....	4
2. 半导体与新能源市场激发 AIN 需求增长.....	6
2.1. AMB、DBC 借 IGBT 之风，伴随新能源与电动车领域发展迅猛.....	9
2.2. DPC 高精度可互连优势，LED 领域需求量大.....	13
2.3. HTCC 迅猛发展，射频、军工领域拉动需求增长.....	14
2.4. 结构件需求逐步扩展，静电吸盘为重要应用.....	17
3. AIN 产业链需求旺盛，上下游一体化企业优势显著.....	20
3.1. 氮化铝粉体至关重要，国内或由缺乏迎机遇.....	21
3.2. 陶瓷基板市场规模增长，国产替代趋势强劲.....	26
4. 国内核心标的盘点.....	32
4.1. 旭光电子.....	32
4.2. 国瓷材料.....	34
4.3. 三环集团.....	37
5. 投资建议.....	38
6. 风险提示.....	38

图表目录

图 1 AIN 的晶体结构图.....	4
图 2 AIN 和 Al ₂ O ₃ 的性能比较.....	5
图 3 AIN 主要可应用于六个方向.....	8
图 4 陶瓷基板市场空间 (亿美元).....	9
图 5 DBC 工艺的 AIN 陶瓷基板常在 IGBT 中使用.....	10
图 6 DBC 的制备运用氧元素.....	10
图 7 AMB 的制备无需氧元素参与.....	11
图 8 2020-2026 功率模块部件市场发展 (百万美元).....	13
图 9 DPC 产品广泛应用于大功率 LED 领域.....	14
图 10 HTCC 制造过程.....	15
图 11 HTCC 结构示意图.....	15
图 12 全球 HTCC 销售额及增速 (百万元人民币).....	16
图 13 2011-2022 中国国防军费预算 (万亿元).....	17
图 14 全球雷达 TR 组件市场 (亿美元).....	17
图 15 砖块式结构和瓦片式结构实物图.....	17
图 16 氮化铝静电吸盘工艺流程.....	19
图 17 三层型静电吸盘模型.....	19
图 18 静电吸盘为 AIN 结构件重要应用.....	19
图 19 静电吸盘市场规模 2029 年将达 16.95 亿美元.....	20
图 20 静电吸盘市场以亚洲为主.....	20
图 21 氮化铝陶瓷基板制备流程.....	20
图 22 AIN 粉体含氧量对陶瓷成品热导性和强度的影响.....	22
图 23 中国氮化铝粉体供需缺口 (单位: 吨).....	25
图 24 流延工艺制备 AIN 陶瓷流程图.....	26
图 25 烧结助剂作用原理.....	28
图 26 连续式氮化铝粉体合成炉.....	29
图 27 旭光电子营业收入.....	32
图 28 旭光电子归母净利润.....	32
图 29 旭光电子主营业务.....	33
图 30 国瓷材料营业收入.....	34

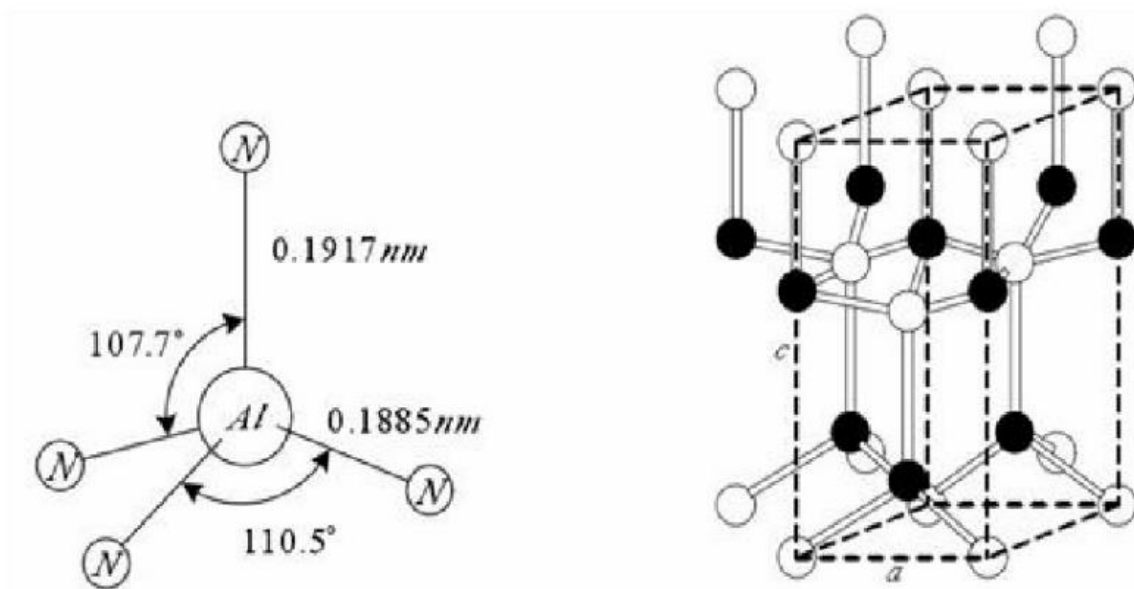
图 31 国瓷材料归母净利润	34
图 32 国瓷材料收购赛创电气打造一体化产业链布局.....	37
图 33 三环集团营业收入	38
图 34 三环集团归母净利润.....	38
表 1 几种常用陶瓷材料的基础性能	6
表 2 氮化铝在民用军用均有广泛应用	6
表 3 AMB 与 DBC 在耐高温上表现优异	12
表 4 AlN 粉体品质直接影响核心性能热导率.....	21
表 5 常见的 AlN 粉体制备方法.....	23
表 6 国内外氮化铝制备技术水平比较	24
表 7 我国部分氮化铝企业生产情况	26
表 8 不同成型工艺制备 AlN 陶瓷的对比	27
表 9 不同烧结方式对比.....	28
表 10 国内外主要公司 AlN 产品性能指标.....	30
表 11 同时拥有粉体基板生产能力的企业较少.....	31
表 12 旭光电子非公开发行 A 股股票募集资金用途 (万元)	33
表 13 国瓷材料主要产品及用途	36

1. 氮化铝热导性绝缘性出众，其热膨胀系数与硅相匹配

氮化铝因出众的热导性及与硅相匹配的热膨胀系数，成为电子领域备受关注的材料。氮化铝是一种六方晶系纤锌矿型结构形态的共价键化合物，其具有一系列优良特性，包括优良的热导性、可靠的电绝缘性、低的介电常数和介电损耗、无毒以及与硅相匹配的热膨胀系数等。它既是新一代散热基板和电子器件封装的理想材料，也可用于热交换器、压电陶瓷及薄膜、导热填料等，应用前景广阔。

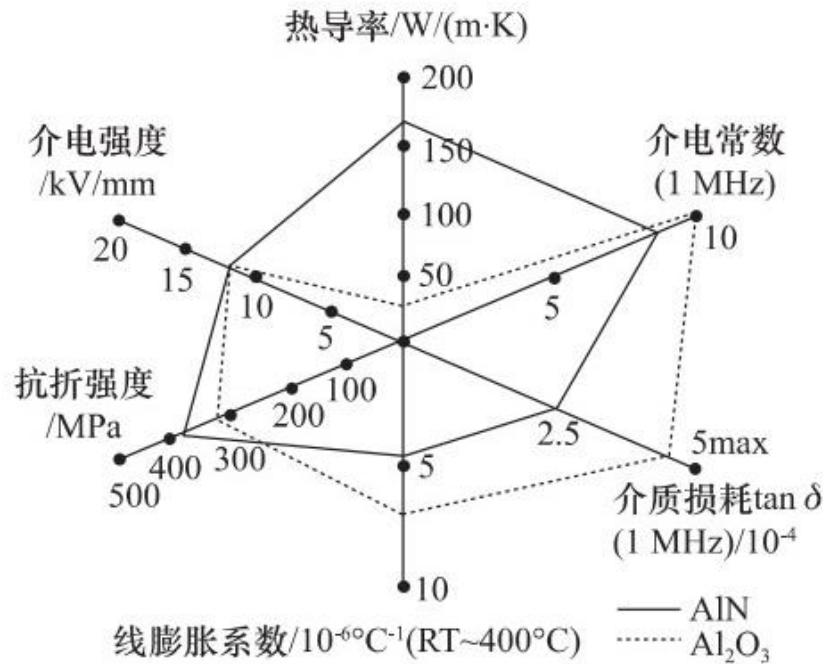
AlN 的晶体结构决定了其出色的热导性和绝缘性。根据《氮化铝陶瓷的流延成型及烧结体性能研究》的研究中提到，由于组成 AlN 分子的两种元素的原子量小，晶体结构较为简单，简谐性好，形成的 Al-N 键键长短，键能大，而且共价键的共振有利于声子传热机制，使得 AlN 材料具备优异于一般非金属材料的热传导性，此外 AlN 具备高熔点、高硬度以及较高的热导率，和较好的介电性能。

图 1 AlN 的晶体结构图



资料来源：《氮化铝陶瓷的流延成型及烧结体性能研究》，华西证券研究所

图 2 AlN 和 Al₂O₃ 的性能比较



资料来源：《氮化铝陶瓷金属化技术的探讨》，华西证券研究所

AlN 相较其他陶瓷材料，与硅相匹配的热膨胀系数，加上优秀的热导性，更有利于应用于电子产业。根据《AlN 陶瓷热导率及抗弯强度影响因素研究的新进展》的研究中提到，AlN 因其热膨胀系数与 Si 匹配度高而被广泛关注，而传统的基板材料如 Al₂O₃ 由于其热导率低，其值约为 AlN 陶瓷的 1/5 且线膨胀系数与 Si 不匹配，已经不能够满足实际需求。BeO 与 SiC 陶瓷基板的热导率也相对较高，但 BeO 毒性高，SiC 绝缘性不好。而 AlN 作为一种新型高导热陶瓷材料，具有热膨胀系数与 Si 接近、散热性能优良、无毒等特性，有望成为替代电子工业用陶瓷基板 Al₂O₃、SiC 和 BeO 的极佳材料。

表 1 几种常用陶瓷材料的基础性能

性能	AlN	Al ₂ O ₃	BeO	SiC
密度/ (g · cm ⁻³)	3.26	3.9	2.9	3.12
室温热导率 /[W · (m · K) ⁻¹]	170~320	20~35	150~270	50~270
平均热膨胀系数 (0~1000° C) / (× 10 ⁻⁶ K ⁻¹)	4.4	8.8	9.0	5.2
室温比热 /[J · (g · K) ⁻¹]	0.75	0.75	1.046	-
莫氏硬度/GPa	9	9	9	9.2-9.5
抗弯强度/MPa	300~500	300~400	20~40	350~450
室温介电常数/MHz	8.8	9.3	6.7	40
电阻率 (Ω · cm ⁻¹)	>10 ¹⁴	>10 ¹⁴	>10 ¹⁴	>10 ¹⁵
是否有毒	无毒	无毒	有毒	无毒

资料来源：《AlN 陶瓷热导率及抗弯强度影响因素研究的新进展》，华西证券研究所

2. 半导体与新能源市场激发 AlN 需求增长

氮化铝陶瓷因其多方面优异的性能，目前已经在多个民用和军用领域得到了广泛的应用。5G 时代、新能源汽车时代以及人工智能时代的来临，使氮化铝陶瓷需求更多。

表 2 氮化铝在民用军用均有广泛应用

范畴	应用领域	具体典型应用
民用	集成电路、汽车、高铁、电力、半导体	大功率器件散热基板、晶圆加工用静电吸盘、半导体设备结构件
军用	航空航天、国防武器、微波雷达	船舶导航系统、导弹定位系统、地面雷达系统

资料来源：粉体圈，华西证券研究所

AlN 应用广泛，因出色的热导性成为新一代散热基板和电子器件封装的理想材料。根据艾邦陶瓷展的信息，AlN 还可用于热交换器、坩埚、保护管、浇注模具、压电陶瓷及薄膜、导热填料等。

1. 散热基板及电子器件封装

散热基板及电子器件封装是 AlN 陶瓷的主要应用。氮化铝陶瓷具有优异的导热性能，热胀系数接近硅，机械强度高，化学稳定性好而且环保无毒，被认为是新一代散热基板和电子器件封装的理想材料，非常适合于混合功率开关的封装以及微波真空管封装壳体材料，同时也是大规模集成电路基片的理想材料。

2. 结构陶瓷

晶圆加工用静电吸盘就是常见的结构陶瓷应用。氮化铝结构陶瓷的机械性能好，硬度高，韧性好于 Al₂O₃ 陶瓷，并且耐高温耐腐蚀。利用 AlN 陶瓷耐热耐侵蚀性，可用于制作坩埚、Al 蒸发器、半导体静电卡盘等高温耐蚀部件。

3. 功能材料

氮化铝可用于制造能够在高温或者存在一定辐射的场景下使用的高频大功率器件，如大功率电子器件、高密度固态存储器等。作为第三代半导体材料之一的氮化铝，具有宽带隙、高热导率、高电阻率、良好的紫外透过率、高击穿场强等优良性能。

AlN 的禁带宽度为 6.2 eV，极化作用较强，在机械、微电子、光学以及声表面波器件 (SAW) 制造、高频宽带通信等领域都有应用，如氮化铝压电陶瓷及薄膜等。另外，高纯度的 AlN 陶瓷是透明的，具有优良的光学性能，再结合其电学性能，可制作红外导流罩、传感器等功能器件。

4. 惰性耐热材料

AlN 作为耐热材料可用其作坩埚、保护管、浇注模具等。氮化铝可在 2000℃ 非氧化气氛下，仍具有稳定的性能，是一种优良的高温耐火材料，抗熔融金属侵蚀的能力强。

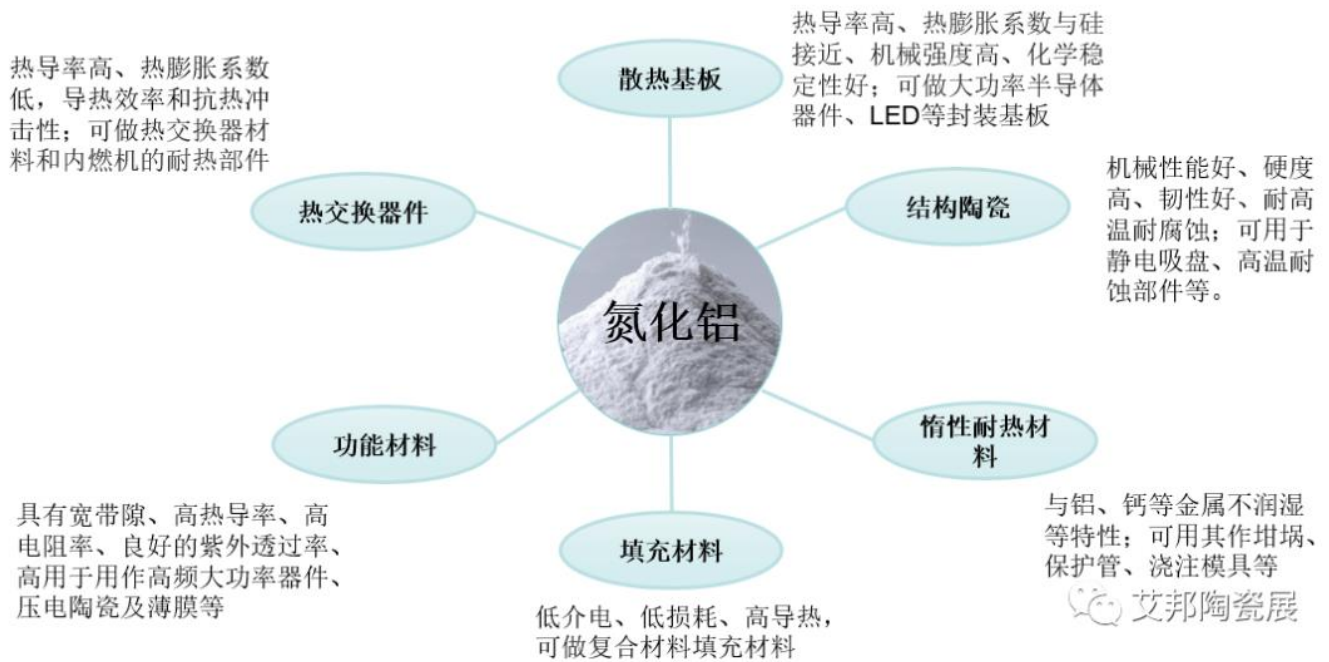
5. 热交换器件

氮化铝陶瓷热导率高、热膨胀系数低，导热效率和抗热冲击性能优良，可用作理想的耐热冲和热交换材料，例如氮化铝陶瓷可以作为船用燃气轮机的热交换器材料和内燃机的耐热部件。由于氮化铝材料的优良导热性能，有效提高了热交换器的传热能力。

6. 填充材料

氮化铝具有优良的电绝缘性，高导热，介电性能良好，与高分子材料相容性好，是电子产品高分子材料的优秀添加剂，可用于 TIM 填料、FCCL 导热介电层填料，广泛应用于电子器件的热传递介质，进而提高工作效率，如 CPU 与散热器填隙、大功率三极管和可控硅元件与基材接触的细缝处的热传递介质。

图 3 AIN 主要可应用于六个方向



资料来源：艾邦陶瓷展，华西证券研究所

全球陶瓷基板市场火爆，市场规模稳步增长。 AlN 陶瓷材料可用作覆铜基板材料、电子封装材料、超高温器件封装材料、高功率器件平台材料、高频器件材料、传感器薄膜材料、光学电子器件材料、涂层及功能增强材料等。根据 Maximize Market Research 报告显示，2021 年全球陶瓷基板市场规模达到 65.9 亿美元，预计 2029 年全球规模将达到 109.6 亿美元，年均增长率约为 6.57%。根据陶瓷基板的不同工艺，可将陶瓷基板市场分为平面陶瓷基板和多层陶瓷基板市场，并进一步细分。

DPC 陶瓷基板市场广阔。 DPC 陶瓷基板凭借其电路精度高且制备温度低的特点，被广泛用于高精度、小体积封装产品中，在高功率发光二极管中被广泛使用。根据 GII 研究数据显示，2020 年 DPC 陶瓷基板全球市场规模达到 12 亿美元，预计 2026 年达到 17 亿美元，CAGR 为 5.2%。目前主要生产厂家有日本丸和、同欣电子、九豪精密等。

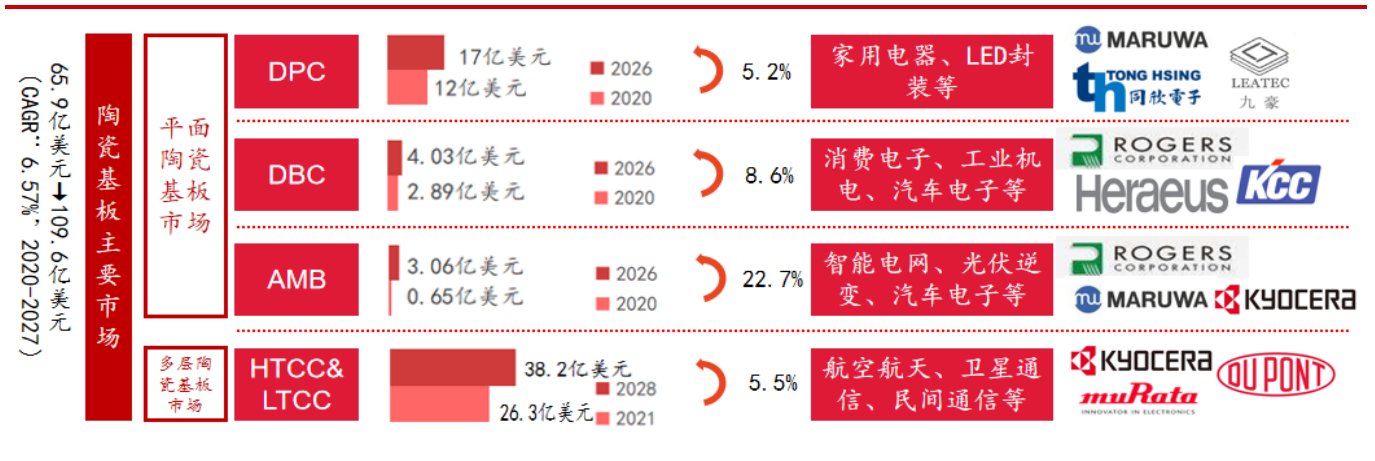
功率模块带动 DBC、AMB 陶瓷基板市场扩大。 DBC 陶瓷基板具有高强度、导热性能强以及结合稳定的优质性能，而 AMB 陶瓷基板是在 DBC 的基础上发展而来的，结合强度相对更高。近年来随着新能源汽车、光伏储能行业的快速发展，IGBT 功率模块的需求快速增长，对于 DBC、AMB 陶瓷基板的需求也不断增加。根据半导体网，2020 年 DBC 陶瓷基板市场规模为 2.89 亿美元，预计 2027 年可达到 4.03 亿美元，CAGR 为 8.6%。而根据 GII 预测，2020 年 AMB 陶瓷基板市场规模为 0.65 亿美元，预计 2027 年可达到 3.06 亿美元，CAGR 分别为 22.7%。目前 DBC 陶瓷基板主要生产厂家有罗杰斯、贺利氏集团、高丽化工等；AMB 陶瓷基板主要生产厂家有罗杰斯、日本京瓷、日本丸和等。

射频组件封装促进多层陶瓷基板先进封装需求增长。 多层陶瓷基板主要包括高温共烧陶瓷基板 (HTCC) 以及低温共烧陶瓷基板 (LTCC)。HTCC 和 LTCC 技术具有良好的微波、导热、密封以及机械等性能，被广泛使用在射频电子元器件的封装中，在航空航天、卫星通信以及民用通信等领域应用广泛，因此占据了不小的市场份额。根

请仔细阅读在本报告尾部的重要法律声明

据 GII 预测，2021 年 HTCC 和 LTCC 陶瓷基板全球市场规模达到 29 亿美元，未来几年将以 4% 的复合增长率持续稳定增长。目前生产 HTCC 和 LTCC 陶瓷基板的主要生产厂家有日本京瓷、杜邦公司、村田制造株式会社等。

图 4 陶瓷基板市场空间 (亿美元)



资料来源: GII, 华西证券研究所

2.1.AMB、DBC 借 IGBT 之风，伴随新能源与电动车领域发展迅猛

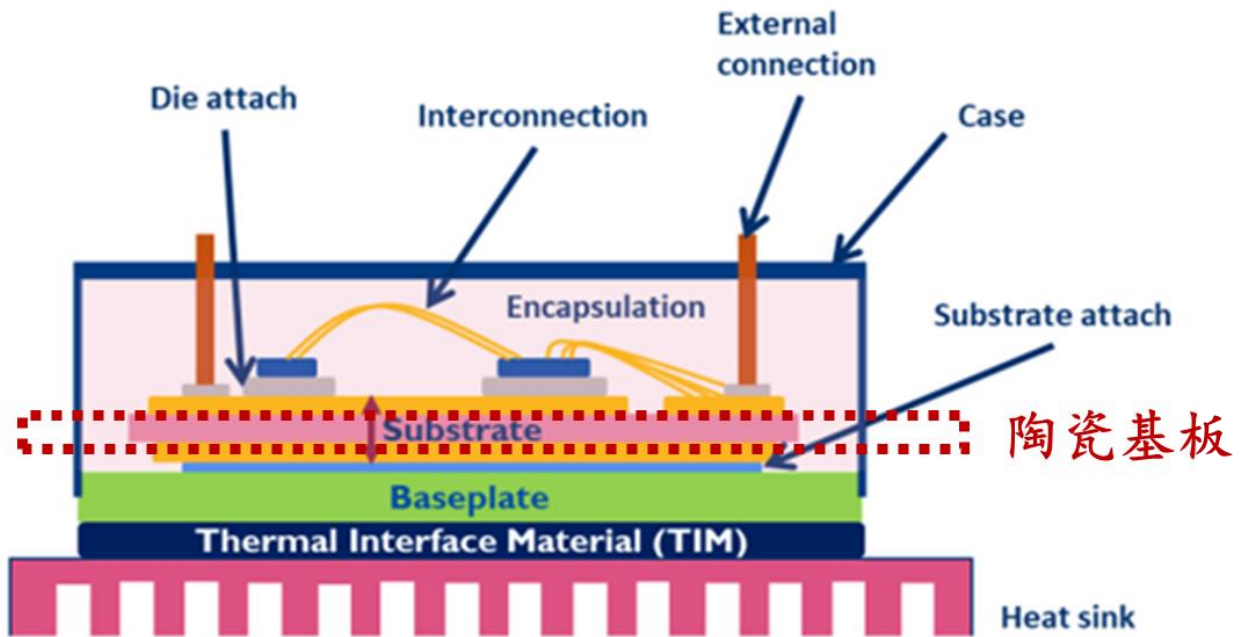
国内较为常见的陶瓷基板材料有 Al_2O_3 、 AlN 和 Si_3N_4 陶瓷基板， AlN 和 Si_3N_4 逐渐开始采用 AMB 工艺。根据范彬彬在《陶瓷与金属连接的研究及应用进展》对陶瓷的研究发现，基板覆铜的具体工艺因陶瓷材料的种类不同而有所差异，对于 Al_2O_3 陶瓷基板主要采用直接覆铜工艺(DBC)， AlN 陶瓷基板可采用 DBC 或 AMB 工艺， Si_3N_4 陶瓷基板在生产中较为广泛使用的是 AMB 工艺。

自上世纪 50 年代以来，电力电子器件从晶闸管过渡到 GTR/GTO/MOSFET，逐渐发展到绝缘栅双极晶体管 (Insulate-Gate Bipolar Transistor, IGBT)。与前两代相比，第三代电力电子器件 (如 IGBT) 具有频率高、功率大和开关速度快等优势，在国防军事、航天航空、电动牵引、轨道交通、新能源汽车以及家用电子器件领域得到广泛应用。

由于 IGBT 输出功率高，发热量大，散热不良将损坏 IGBT 芯片，因此对 IGBT 封装而言，散热是关键，必须选用陶瓷基板强化散热。氮化铝、氮化硅陶瓷基板具有热导率高、与硅匹配的热膨胀系数、高电绝缘等优点，非常适用于 IGBT 以及功率模块的封装。广泛应用于轨道交通、航天航空、电动汽车、智能电网、太阳能发电、变频家电、UPS 等领域。根据《陶瓷与金属连接的研究及应用进展》的信息，国内高铁上 IGBT 模块，主要使用的是由丸和提供的氮化铝陶瓷基板。

根据《电子封装陶瓷基板》的研究显示，目前 IGBT 封装主要采用 DBC 陶瓷基板。主要因为 DBC 基板金属线路层较厚 (一般为 $100\ \mu m \sim 600\ \mu m$)，具有载流能力大、耐高温性好及可靠性高等特点。

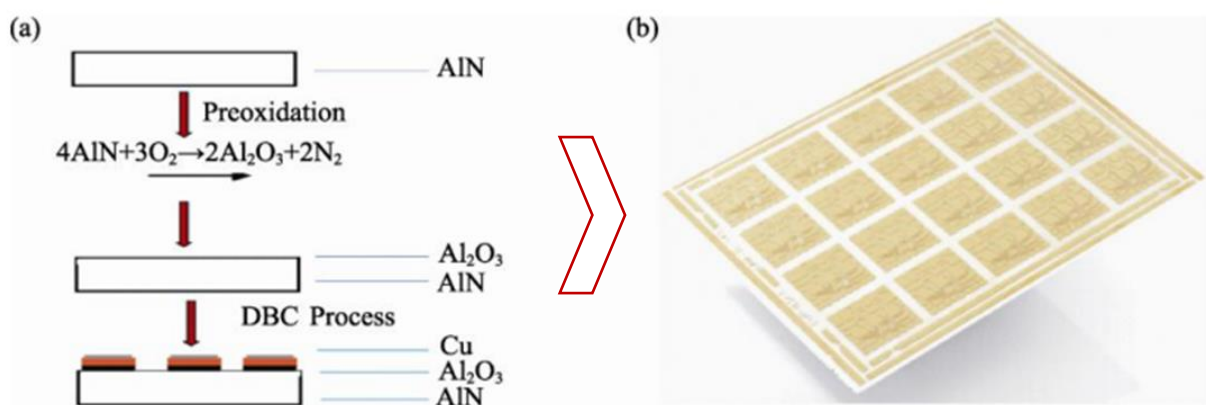
图 5 DBC 工艺的 AlN 陶瓷基板常在 IGBT 中使用



资料来源：YOLE，华西证券研究所

DBC 陶瓷基板制备首先在 (Cu) 和陶瓷基片 (Al_2O_3 或 AlN) 引入氧元素，然后在 1065°C 形成 Cu/O 共晶相 (金属铜熔点为 1083°C)，进而与陶瓷基片和铜箔发生反应生成 CuAlO_2 或 $\text{Cu}(\text{AlO})$ ，实现铜箔与陶瓷间共晶键合。由于陶瓷和铜具有良好的导热性，且铜箔与陶瓷间共晶键合强度高，因此 DBC 基板具有较高的热稳定性，已广泛应用于绝缘栅双极二极管 (IGBT)、激光器 (LD) 和聚焦光伏 (CPV) 等器件封装散热中。

图 6 DBC 的制备运用氧元素



资料来源：《陶瓷与金属连接的研究及应用进展》，华西证券研究所

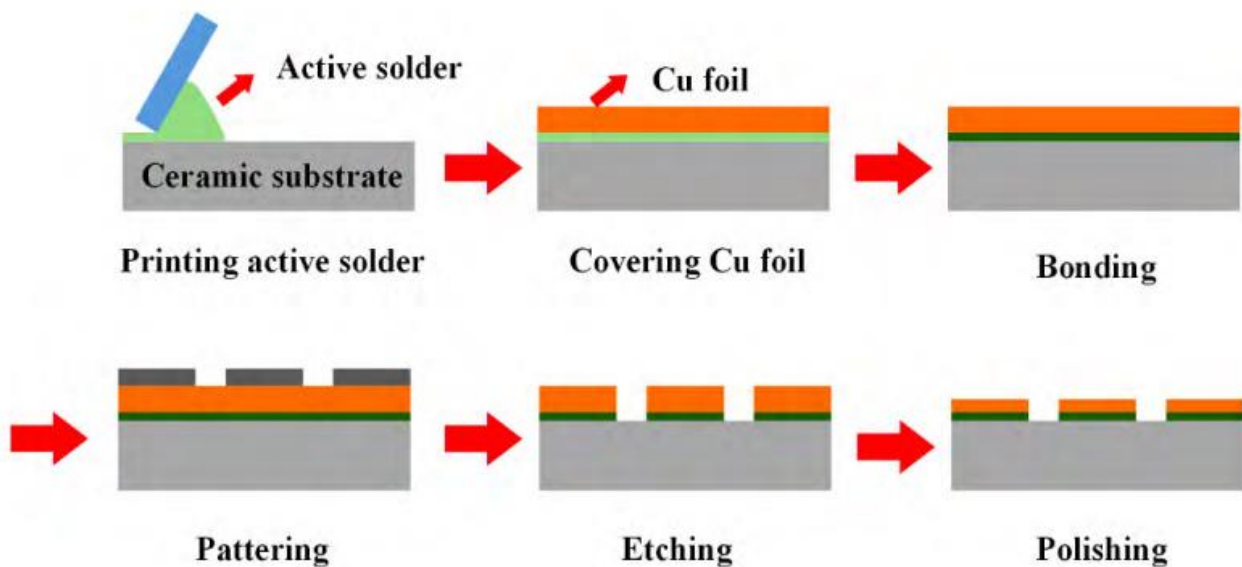
由于 DBC 陶瓷基板制备工艺温度高，金属-陶瓷界面应力大，因此 AMB 技术越来越受到业界关注，特别是采用低温活性焊料。并且 AMB 方法比较简单，封接性能也比较可靠，因此后来发展较快，成为电子器件中常用的陶瓷-金属接合方法之一，

而且，如今特别适合于非氧化物陶瓷的接合，可以设想，日后 AMB 技术将在电子、电力、航空、航天等工业上发挥很大的作用。

根据《电子封装陶瓷基板》的研究中显示，DBC 和 AMB 制备中除了工艺不同，是否有氧元素参与是主要区别之一，因此 Al_2O_3 不适用 AMB 法。

AMB 陶瓷基板利用含少量活性元素的活性金属焊料实现铜箔与陶瓷基片间的焊接。活性焊料通过在普通金属焊料中添加 Ti、Zr、Hf、V、Nb 或 Ta 等稀土元素制备，由于稀土元素具有高活性，可提高焊料熔化后对陶瓷的润湿性，使陶瓷表面可与金属实现焊接。AMB 基板制备技术是 DBC 基板工艺的改进 (DBC 基板制备中铜箔与陶瓷在高温下直接键合，而 AMB 基板采用活性焊料实现铜箔与陶瓷基片间键合)，通过选用活性焊料可降低键合温度 (低于 $800^{\circ}C$)，进而降低陶瓷基板内部热应力。此外，AMB 基板依靠活性焊料与陶瓷发生化学反应实现键合，因此结合强度高，可靠性好。但是该方法成本较高，合适的活性焊料较少，且焊料成分与工艺对焊接质量影响较大。

图 7 AMB 的制备无需氧元素参与



资料来源：《电子封装陶瓷基板》，华西证券研究所

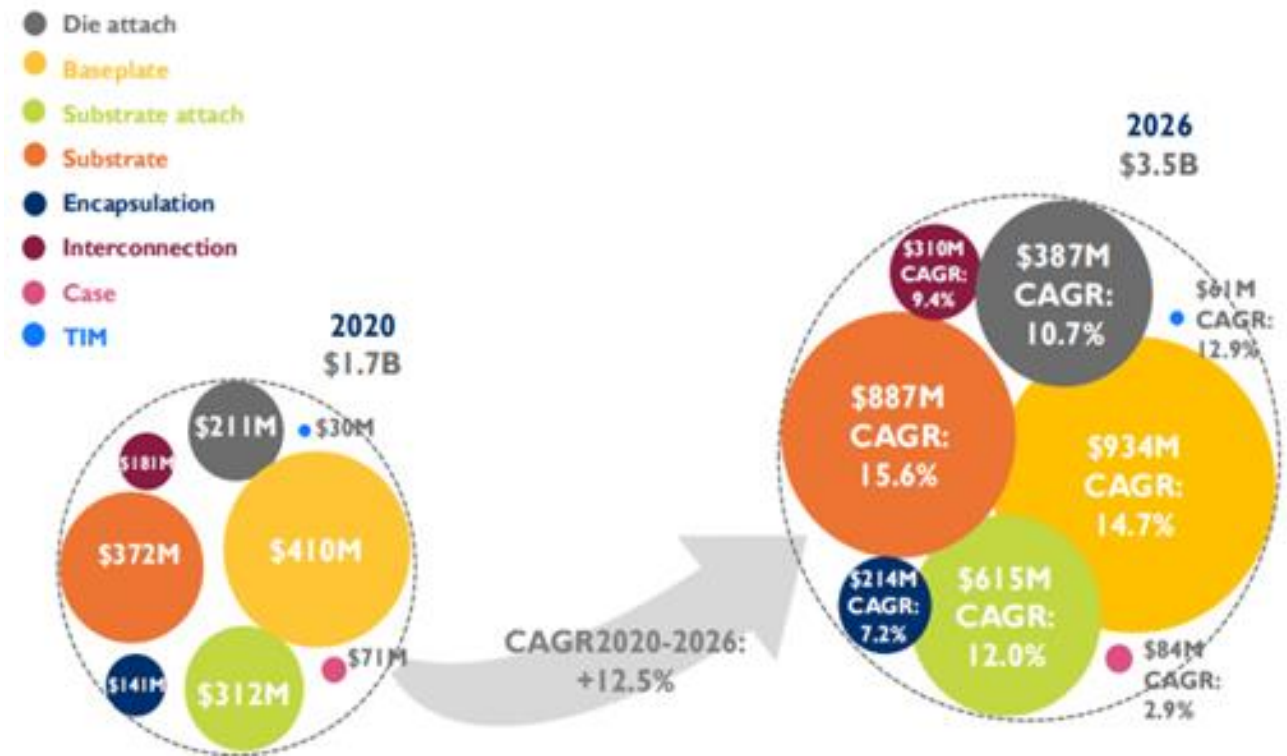
表 3 AMB 与 DBC 在耐高温上表现优异

Properties	DPC	DBC	TPC	AMB	LAM
Manufacture temperature/° C	<300	1065	850	<800	-
Bonding strength/MPa	10~20	20~30	30~40	-	30~40
Pattern precision/μ m	30~50	>200	>100	>200	<30
Reliability	Good	Best	Best	Better	Good
Heat resistance/° C	<300	500	500	<400	<300
Applications	LED	IGBT/LD	Vehicle electronics	-	-

资料来源：《电子封装陶瓷基板》，华西证券研究所

而随着光伏、风电蓬勃发展，新能源汽车渗透率提高，功率模块带动 AlN 陶瓷基板需求增长。IGBT 功率器件是光伏、风力发电时电能转换与电路控制的核心，同时也在新能源汽车的电动机等核心部件中起着关键作用，随着光伏、风电占比的不断提高，功率器件以及封装所用陶瓷基板的需求将迎来大规模增长。在传统的 IGBT 模块中，氧化铝陶瓷基板是最常用的陶瓷基板，但氧化铝陶瓷基片相对低的热导率、与硅的热膨胀系数匹配不好，随着新能源汽车向着高压化、高功率化发展，氧化铝已不再适合作为封装材料。近年来，AlN、Si₃N₄ 陶瓷基板以其耐高温和热稳定性好、介电常数和介质损耗低、耐磨损、耐腐蚀等优异的性能，在 IGBT 模块封装中得到青睐，逐步替代 Al₂O₃ 陶瓷基板。此外，新能源汽车用 IGBT 模块的功率导电端子需要承载数百安培的大电流，对电导率和热导率有较高的要求，车载环境中还要承受一定的振动和冲击力，机械强度要求高，因此 Si₃N₄ 凭借其硬度高、机械性能好的特性在新能源车用 IGBT 模块中得到了更广泛的应用。随着光伏储能与新能源汽车行业的快速发展带动功率模块需求激增，氮化铝与氮化硅陶瓷基板的市场也随之扩大。

图 8 2020-2026 功率模块部件市场发展 (百万美元)



资料来源: Yole, 华西证券研究所

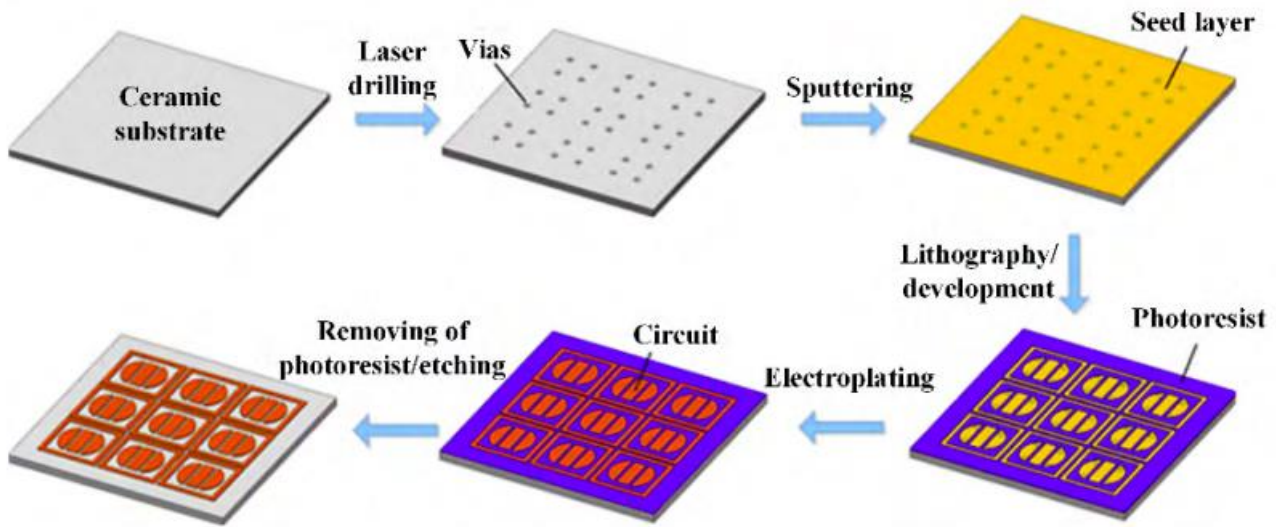
2.2. DPC 高精度可互连优势, LED 领域需求量大

DPC 工艺常用于大功率 LED 封装。由于陶瓷基板具有高绝缘、高导热和耐热、低膨胀等特性,特别是采用垂直通孔技术的 DPC 陶瓷基板,可有效满足倒装共晶、COB (板上芯片封装)、CSP (芯片尺寸封装) 等技术白光 LED 封装需求。

DPC 陶瓷基板制备前端采用了半导体微加工技术 (溅射镀膜、光刻、显影等), 后端则采用了印刷线路板 (PCB) 制备技术 (图形电镀、填孔、表面研磨、刻蚀、表面处理等), 技术优势明显。具体特点包括: (1) 采用半导体微加工技术, 陶瓷基板上金属线路更加精细 (线宽/线距可低至 30 μm ~ 50 μm , 与线路层厚度相关), 因此 DPC 基板非常适合对准精度要求较高的微电子器件封装; (2) 采用激光打孔与电镀填孔技术, 实现了陶瓷基板上/下表面垂直互连, 可实现电子器件三维封装与集成, 降低器件体积; (3) 采用电镀生长控制线路层厚度 (一般为 10 μm ~ 100 μm), 并通过研磨降低线路层表面粗糙度, 满足高温、大电流器件封装需求; (4) 低温制备工艺 (300°C 以下) 避免了高温对基片材料和金属线路层的不利影响, 同时也降低了生产成本。综上所述, DPC 基板具有图形精度高, 可垂直互连等特性。

DPC 陶瓷基板制备工艺: 首先利用激光在陶瓷基片上制备通孔 (孔径一般为 60 μm ~ 120 μm), 随后利用超声波清洗陶瓷基片; 采用磁控溅射技术在陶瓷基片表面沉积金属种子层 (Ti/Cu), 接着通过光刻、显影完成线路层制作; 采用电镀填孔和增厚金属线路层, 并通过表面处理提高基板可焊性与抗氧化性, 最后去干膜、刻蚀种子层完成基板制备。

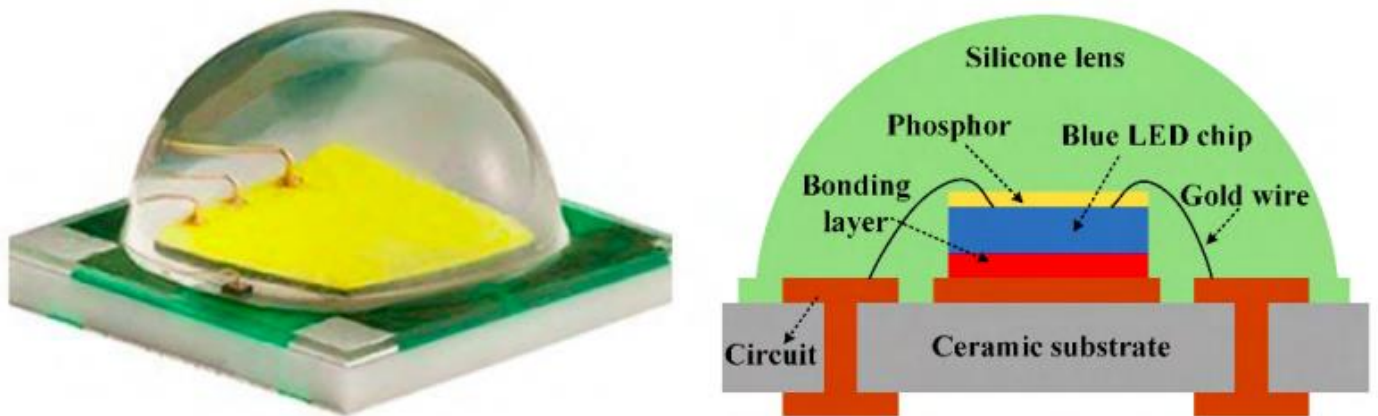
图 9 DPC 制备工艺决定其具有精度高特性



资料来源：《电子封装陶瓷基板》，华西证券研究所

DPC 基板也存在一些不足：(1) 金属线路层采用电镀工艺制备，环境污染严重；(2) 电镀生长速度低，线路层厚度有限（一般控制在 $10\ \mu\text{m} \sim 100\ \mu\text{m}$ ），难以满足大电流功率器件封装需求。目前 DPC 陶瓷基板主要应用于大功率 LED 封装，生产厂家主要集中在我国台湾地区，但从 2015 年开始中国大陆地区已开始实现量产。

图 9 DPC 产品广泛应用于大功率 LED 领域



资料来源：《电子封装陶瓷基板》，华西证券研究所

LED 芯片对于散热要求极为苛刻，车载照明将进一步提升 AlN 基板的需求。目前单芯片 1W 大功率 LED 已产业化，3W、5W，甚至 10W 的单芯片大功率 LED 也已推出，并部分走向市场。这使得超高亮度 LED 的应用面不断扩大，从特种照明的市场领域逐步走向普通照明市场。由于 LED 芯片输入功率的不断提高，对这些功率型 LED 的封装技术提出了更高的要求。而传统的基板无法承载高功率的热能，氮化铝陶瓷具有良好的导热和绝缘性能，能够提高 LED 功率水平和发光效率。功率 LED 已经在户外大型看板、小型显示器背光源、车载照明、室内及特殊照明等方面获得了大量应用。

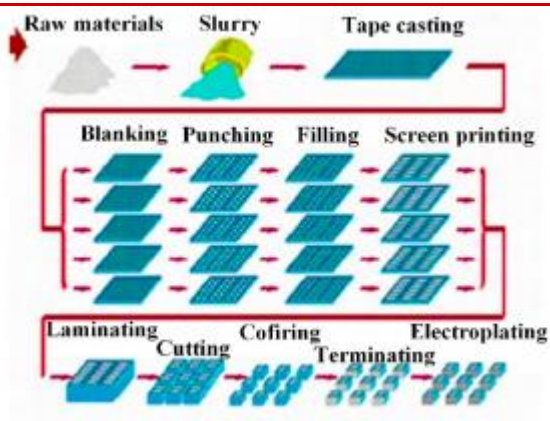
2.3. HTCC 迅猛发展，射频、军工领域拉动需求增长

HTCC（氧化铝高温共烧陶瓷多层基板）具有热导率高、布线密度高、热膨胀系数低、力学强度高、封装气密性好等优点，成为高功率微波组件首选的基板材料和封装材料。AlN HTCC 多层基板材料热导率高达（170~190）W/（m·K），热膨胀系数仅为 $4.2 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ，与硅（Si）、砷化镓（GaAs）及氮化镓（GaN）等半导体材料器件接近；力学强度高、致密性好，能够满足封装气密性要求，是高功率 MCM 首选的基板材料和封装材料。

HTCC（High Temperature Co-fired Ceramic，高温共烧多层陶瓷）是指在 1,450°C 以上与熔点较高的金属一并烧结的具有电气互连特性的陶瓷。HTCC 一般在 900°C 以下先进行排胶处理，然后再在更高的 1,500-1,800°C 高温环境中将多层叠压的瓷片共烧成一体。HTCC 电路工艺采用丝网印刷制作，所选的导体材料一般为熔点较高的钨、钼、锰等金属或贵金属。

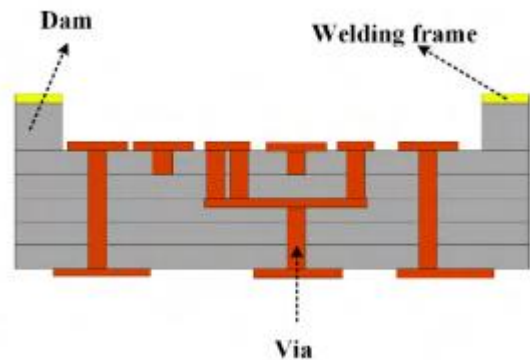
HTCC 基板制备过程中先将陶瓷粉（AlN 或 Al_2O_3 ）加入有机黏结剂，混合均匀成为膏状陶瓷浆料后，用刮刀将陶瓷浆料刮成片状，再通过干燥工艺使片状浆料形成生胚，然后根据线路层设计钻导通孔，采用丝网印刷金属浆料进行布线填孔，最后将生胚层叠加，置于高温炉中烧结。

图 10 HTCC 制造过程



资料来源：《电子封装陶瓷基板》，华西证券研究所

图 11 HTCC 结构示意图



资料来源：《电子封装陶瓷基板》，华西证券研究所

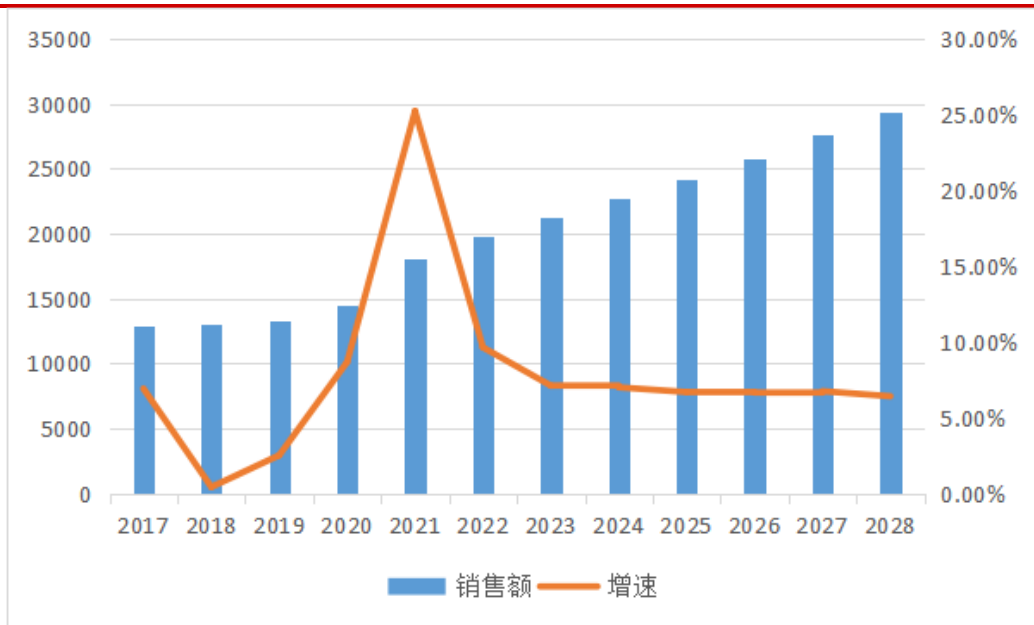
相较 LTCC，HTCC 更适用于大功率和高温场景。LTCC 与 HTCC 的整体工艺流程类似，所需设备也相差无几。但由于材料的差异较大，导致 LTCC 与 HTCC 在生产过程中的共烧温度区别较大。HTCC 一般的烧结温度在 1650°C 以上，而 LTCC 一般的烧结温度在 950°C 以下。由于 HTCC 工艺温度高，导电金属选择受限，只能采用熔点高但导电性较差的金属，制作成本较高。受限于丝网印刷工艺，线路精度较差，难以满足高精度封装需求。但 HTCC 基板具有较高机械强度和热导率，物化性能稳定，在大功率及高温环境下器件封装中具有广泛的应用前景。

2.3.1. HTCC 市场扩展迅猛，亚太地区为最大市场

根据恒州诚思 YH Research 的数据，2021 年全球 HTCC 陶瓷封装市场销售额达到 180 亿元人民币，预计 2028 年将达到 293 亿元人民币，年复合增长率为 6.75% (2022-2028)。

全球 HTCC 陶瓷封装的核心厂商包括京瓷、河北中瓷和 13 所、NGK/NTK 等等。前三大厂商占据了约 80% 的份额。日本是最大的生产地区，占有约 70% 的份额，其次是中国和北美，分别占 24% 和 3%。亚太地区是最大的市场，占有约 89% 的份额，其次是北美和欧洲，分别占有约 7% 和 2% 的市场份额。就产品类型而言，HTCC 封装管壳是最大的细分，占有大约 77% 的份额，同时就应用来说，通信领域是最大的下游领域，约占 33%。

图 12 全球 HTCC 销售额及增速（百万元人民币）

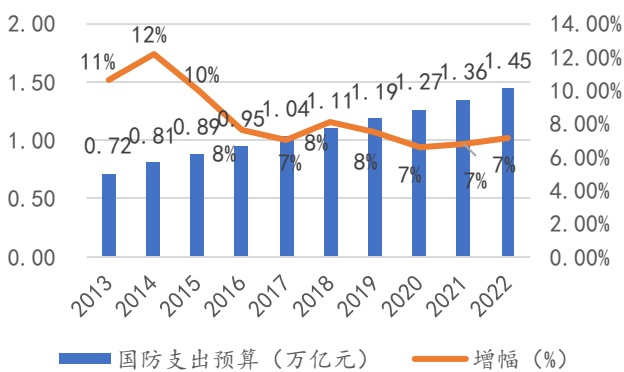


资料来源：恒州诚思 YH Research，华西证券研究所

2.3.2. 射频组件小型化进程加快，军工拉动 HTCC 需求增长

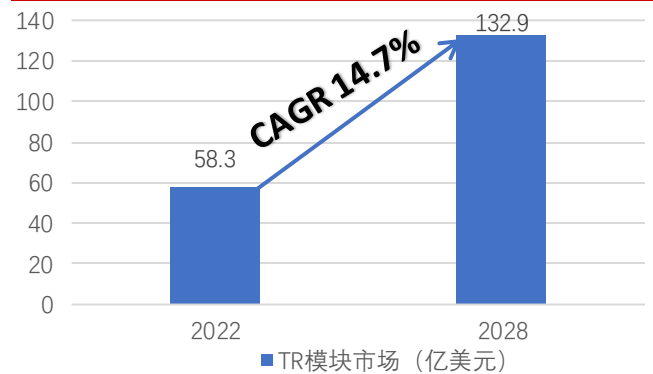
国防军事发展带动 TR 组件市场扩大。电子射频收发组件 (T/R 组件) 是相控阵雷达的重要组成部分，其性能、尺寸都会对雷达系统的整体指标产生重要影响。2022 年，我国国防预算约为 1.45 万亿元，同比增长 6.62%，受益于军费预算合理增长、装备支出持续走高和国防信息化建设的有序推进，军工电子行业的需求将稳步增长，带动 TR 组件市场扩大。根据 openPR 新闻显示，全球雷达系统发射和接收 (TR) 组件市场预计将从 2022 年的 58.3 亿美元增长到 2028 年的 132.9 亿美元，年复合增长率为 14.7%。

图 13 2011-2022 中国国防军费预算 (万亿元)



资料来源：财政部，华西证券研究所

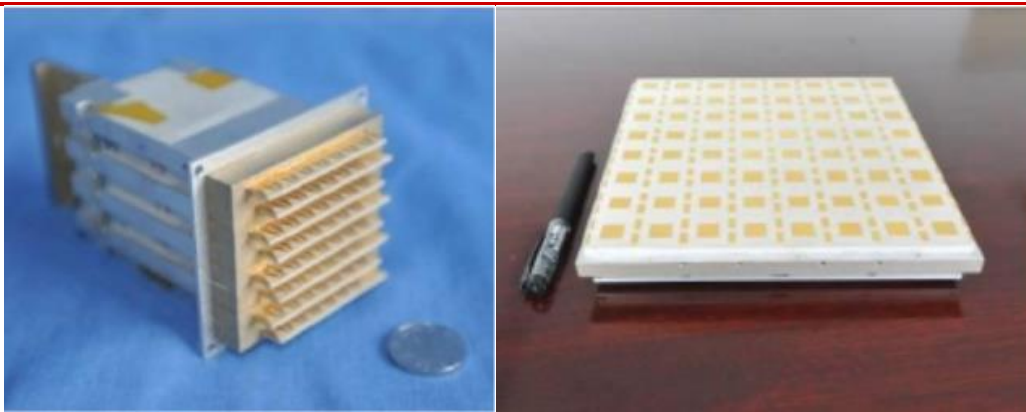
图 14 全球雷达 TR 组件市场 (亿美元)



资料来源：openPR，华西证券研究所

军事电子等发展对电子器件的小型化、高集成提出了更高的要求。随着国防军事的发展，雷达系统中 T/R 通道和所需模块增多，对整个雷达系统提出了小型化提出了更高要求，相控阵雷达 T/R 组件的产品结构形式也经历了从大变小、由“砖块”到“瓦片”的过程。相控阵组件常用结构包括砖块式和瓦片式，传统的砖块式是将各个器件放置在与天线口径垂直的平面上，随着通道增多体积会大大增加，不利于大型阵列应用。瓦片式则是将系统按照功能分层，通过垂直结构使每层与其他层和其他表面器件相连，这种结构减少了印制电路板和连接器的数量，从而降低了相控阵雷达的体积、重量以及成本。随着摩尔定律接近极限，通过提升制程工艺增加晶体管数量变得愈发困难，因此需要探索新的方式来研究产品的小型化，先进封装技术就是实现电子产品小型化的一种重要途径。

图 15 砖块式结构和瓦片式结构实物图



资料来源：《基于 SiP 的大功率 T/R 组件关键技术研究》，华西证券研究所

2.4. 结构件需求逐步扩展，静电吸盘为重要应用

除了作为陶瓷基板的理想材料外，氮化铝在结构件的应用具有较大潜力。氮化铝结构件是一种高强度、高刚度、高温耐受性好的特种结构件，其制造工艺主要包括以下几个方面：(1) 氮化铝陶瓷材料的制备：氮化铝陶瓷材料可以通过烧结、热压或热等静压等方法制备得到，其中热等静压技术更为先进和适用于大规模生产。(2) 结构件的加工：氮化铝材料在烧结后具有较高的硬度和强度，因此加工难度较大，通常采用精密研削或者高精度数控加工中心等设备进行，以确保加工精度和质量。(3) 结构件的表面处理：为了进一步提高氮化铝结构件的性能，需要进行表面处理，如喷涂、

化学镀膜、阳极氧化等，以提高其耐磨性、耐腐蚀性、导热性等。(4)结构件的装配：氮化铝结构件通常要与其他部件进行装配，因此需要进行精密匹配和拼装，以提高整个系统的运行效率和可靠性。

根据流程工业网的信息，氮化铝可应用于结构陶瓷的烧结，制备出来的氮化铝陶瓷，不仅机械性能好，抗折强度高于 Al_2O_3 和 BeO 陶瓷，硬度高，还耐高温耐腐蚀。利用 AlN 陶瓷耐热耐侵蚀性，可用于制作坩埚、 Al 蒸发皿等高温耐蚀部件。此外，纯净的 AlN 陶瓷为无色透明晶体，具有优异的光学性能，可以用作透明陶瓷制造电子光学器件装备的高温红外窗口和整流罩的耐热涂层。

静电吸盘为 AlN 结构件的核心应用之一。经过干压，冷等静压等工艺后烧结而成的氮化铝陶瓷结构件，具备高热导，介电损耗小，机械性能好，硬度高，韧性好，耐高温耐腐蚀等优异性能，可制作半导体静电吸盘，高温耐蚀部件等，广泛应用在半导体、医疗等领域。根据在《J-R 型氮化铝陶瓷静电吸盘的设计与制造》研究中的信息，静电吸盘是现代半导体工业中应用最广的硅片夹持工具，静电吸盘相对于以往的硅片加持方法有着吸附作用均匀分布于硅片表面，硅片不会发生翘曲变形；吸附作用力持续稳定，可以保证硅片的加工精度；静电吸盘对硅片污染小，对硅片无伤；可以应用于高真空环境中等明显优势。

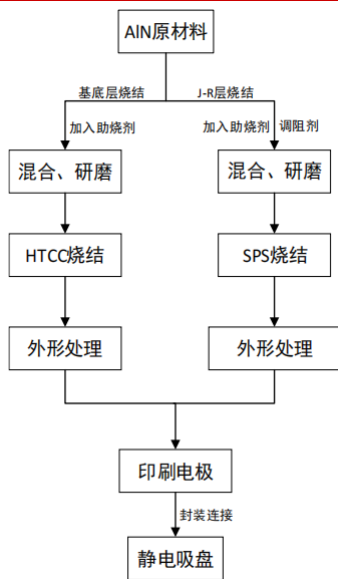
以 J-R 型静电吸盘为例，静电吸盘功能性结构分为三部分：

(1) 基座部分：作为静电吸盘的主体结构，基座部分主要承担着散热与固定的作用。基座层一般为陶瓷材料制成，也有少数使用金属材料，需保证其良好的导热性与硬度。一般位于静电吸盘最下部作为静电吸盘与设备的连接部分，并将硅片加工产生的热量通过基座层导出。同时内含电极柱保证电极层与外部电压的导通。

(2) 电极层部分：电极层一般位于基底与 J-R 层中间，厚度一般为数微米到数十微米，材料一般为金属。通过电极柱与外部电压导通获得高压作用于 J-R 层。

(3) J-R 层部分：J-R 层部分虽然厚度一般只有数十微米，但却是静电吸盘中最重要的部分。J-R 层是 J-R 效应的作用层，其内含可以自由移动的导电粒子，具有有限电阻，一般采用陶瓷材料中少量掺杂调节电阻率至所需范围。J-R 层上一般还有凸点及沟道等辅助结构，具有散热与排气等作用。

图 16 氮化铝静电吸盘工艺流程



资料来源：《J-R型氮化铝陶瓷静电吸盘的设计与制造》，华西证券研究所

图 17 三层型静电吸盘模型

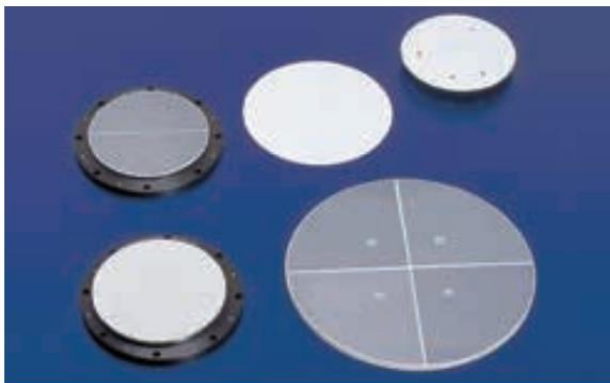


资料来源：《J-R型氮化铝陶瓷静电吸盘的设计与制造》，华西证券研究所

静电吸盘技术主要是以 Al_2O_3 陶瓷或 AlN 陶瓷作为主体采材料，陶瓷材料具有良好的导热性，耐磨性及高硬度且对比金属材料在电绝缘性方面有着先天的优势。

Al_2O_3 材料热导率及相关机械性能均不及 AlN 陶瓷。在半导体加工中，对硅片的散热工作相当重要，如果无法保证硅片表面的均温，则在对硅片的加工过程中将无法确保加工的均匀性，加工精度将受到极大的影响。因此氮化铝陶瓷替代氧化铝陶瓷作为静电吸盘的制造材料成为趋势。

图 18 静电吸盘为 AlN 结构件重要应用



Electro-Static Chuck

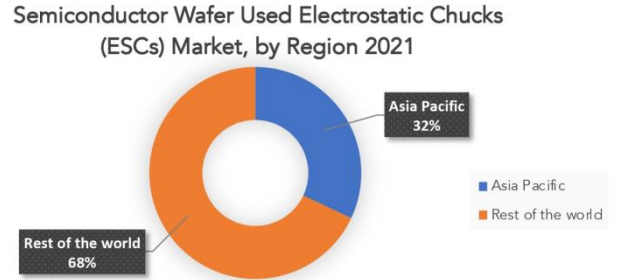
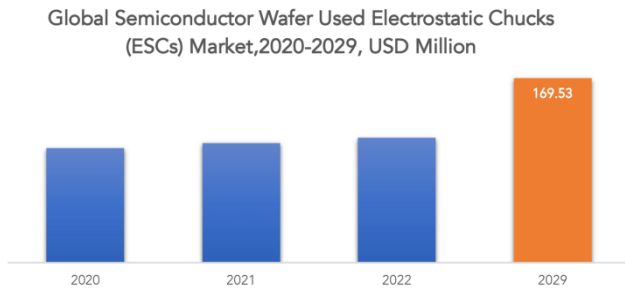
- Material : Al_2O_3 , AlN, Sapphire
- Size : For 200mm / 300mm equipment
- Features :
 - High purity
 - High plasma durability
 - Good chucking / de-chucking response
 - High temp. and low temp. application

资料来源：京瓷官网，华西证券研究所

根据 Exactitude Consultancy 预测，静电吸盘 ESC 市场规模到 2029 年将达到 16.95 亿美元，年复合增速 5.4%。市场主要企业有 Shinko、京瓷、NGK、TOTO 等。

图 19 静电吸盘市场规模 2029 年将达 16.95 亿美元

图 20 静电吸盘市场以亚洲为主



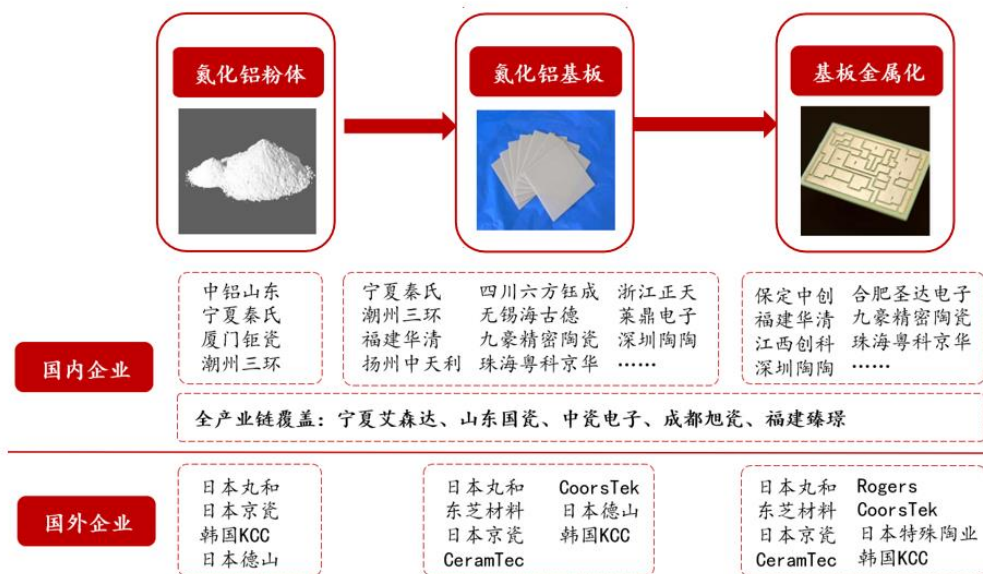
资料来源: Exactitude Consultancy, 华西证券研究所

资料来源: Exactitude Consultancy, 华西证券研究所

3. AIN 产业链需求旺盛，上下游一体化企业优势显著

按 AIN 的主要制备与应用划分产业链，我们认为主要可以分为上游粉体制备，中游基板制备，下游市场应用（金属化）。

图 21 氮化铝陶瓷基板制备流程



资料来源: 公开资料, 华西证券研究所

3.1. 氮化铝粉体至关重要，国内或由缺乏迎机遇

高性能的氮化铝关键在于粉体制备。高质量粉末原料是获得高性能氮化铝制品的先决条件，要制备高性能的氮化铝制品，首先需要制备出高纯度、细粒度、分散性好和烧结性优的氮化铝粉末。如何提高氮化铝转化率，降低粉末杂质含量以及反应能耗，缩短工艺流程，节约成本是制粉过程中最关心的问题。因此，为了制备高相对密度、高导热和高强度的氮化铝陶瓷，如何制备优质的氮化铝粉末得到了国内外研究者的密切关注。

高品质粉体对下游生产影响大，我们认为上下游一体粉体兼有的企业优势更大。根据《高性能 AlN 粉体合成、特性及成瓷验证》中提到，高品质 AlN 粉体是制备高性能 AlN 陶瓷基板的重要的前提与保障。不同品质的 AlN 粉体制备的 AlN 陶瓷基板的密度数值稳定，均保持在 3.29-3.30 g/cm³，但其热导率和抗弯强度的数值变化幅度较大。

表 4 AlN 粉体品质直接影响核心性能热导率

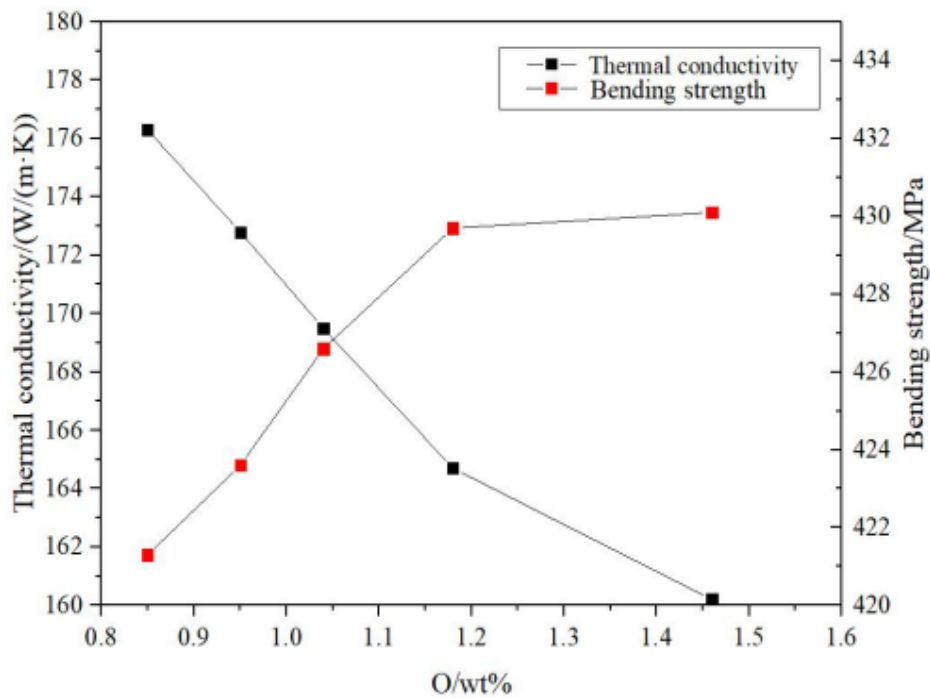
序号	密度/(g/cm ³)	热导率/(W/(m·K))	抗弯强度/Mpa
S1	3.30	176.3	421.3
S2	3.29	172.8	423.6
S3	3.29	169.5	426.6
S4	3.29	164.7	429.7
S5	3.29	160.2	430.1

资料来源：《高性能 AlN 粉体合成、特性及成瓷验证》，华西证券研究所

随着 AlN 粉体中的 O 含量由 0.85 wt% 增大至 1.46 wt%，AlN 陶瓷基板的热导率单调下降，抗弯强度单调上升。AlN 粉体中的 O 含量主要以粉体表面 Al₂O₃ 的形式存在，Al₂O₃ 与烧结助剂 Y₂O₃ 反应，生成液相，润湿 AlN 晶粒，促进烧结致密化，同时，中间相 YAG、YAP 与 YAM 与 AlN 间形成强的界面结合，提高 AlN 陶瓷基板的抗弯强度；但是，随着 AlN 粉体中的 O 杂质含量逐渐增多，生成的钇铝酸盐第二相含量也逐渐增多，形成更多的低导热 YAG、YAP 与 YAM(如，YAG 热导率仅为 13.0 W/(m·K))，沿 AlN 晶界分布，增大了晶界热阻，降低 AlN 陶瓷基板的热导率。

粉体的含氧量直接影响热导率这一关键性能。因此我们认为同时拥有上游粉体生产和陶瓷基板的企业能及时调节优化上游粉体生产，对生产高品质陶瓷基板至关重要。我们认为拥有粉体与基板生产能力的企业将更具备竞争力，国内布局全产业链企业如旭瓷（旭光电子）、国瓷、艾森达（宏达电子）等。

图 22 AlN 粉体含氧量对陶瓷成品热导性和强度的影响



资料来源：《高性能 AlN 粉体合成、特性及成瓷验证》，华西证券研究所

3.1.1. 粉体制备方法

目前氮化铝粉体主流的工业制备方法为直接氮化法和碳热还原法。

直接氮化法：直接将铝粉放置于高温氮气中，依靠化合反应铝粉直接与氮气化合生成氮化铝粉末。反应温度一般在 800-1200°C 范围内。该方法反应简单，能耗低，但直接氮化法的温度往往高于铝的熔点（660°C），单质铝处于熔融状态，易形成熔体，反应生成的氮化铝膜会限制熔体的接触，因此该方法下制备的氮化铝粉体存在形貌不规则、粉末团聚、粒度分布宽、需要二次研磨等缺点。

碳热还原法：选取超细氧化铝粉体和高纯度炭黑（或活性炭）作为起始原料，先在球磨罐中球磨混合，然后放于石墨坩埚内，在流动高纯氮气下还原氮化。合成温度范围为：1450-1750°C，保温时间 2-10h，最后在 N₂ 烧结炉中随炉冷却，得到黑色粉末状氮化物。相较直接氮化法，碳热还原法制备的氮化铝粉体近球形、纯度高、烧结活性好、粉体粒度细小、粒径分布窄且原料来源更广。

氮化铝制备工艺复杂，高成本限制大规模应用。首先，制备氮化铝粉末一般都需要较高的温度，生产制备过程中的能耗较高，同时存在安全风险，导致部分高温制备方法无法实现工业化生产。其次，氮化铝制备对生产制备过程中的杂质掺入或者有害产物的生成要求严格，氮化铝粉体中杂质的存在将对陶瓷的热导率产生负面影响。氮化铝的导热机制是声子传导，晶格的缺陷、气孔和杂质都会对声子产生散射，从而降低氮化铝陶瓷的热导率。特别是 O 原子固溶入氮化铝晶格，占据 N 原子的位置，产生 Al 空位，形成强烈的声子-缺陷散射，使氮化铝陶瓷的热导率急剧下降。当氮化铝陶瓷中氧含量为 0.12wt% 时，其热导率降至 185W/(m·K)；当氧含量上升到 0.31wt% 时，其热导率下降到 130W/(m·K)。杂质的存在还将对陶瓷的绝缘性能产生严重影响，当氮化铝粉体中的 Si、Fe、Mg 等元素含量超过 2x10⁻⁴ 时，陶瓷的绝缘性能就出现明显

下降。因此，由于氮化铝粉体制备工艺复杂、能耗高、周期长、价格昂贵，氮化铝难以大规模商业化应用，仍需等待技术进步以解决成本难题。

表 5 常见的 AlN 粉体制备方法

方法	合成反应	反应条件	优点	缺点
碳热还原法	$Al_2O_3(s) + C(s) + N_2(g) \rightarrow 2AlN(s) + CO(g)$	1600~1800° C	工艺简单，产品纯度高、粒度小、分布均匀	烧结温度高、能耗大、后期需要二次除碳
	$2AlOOH + 3C(s) + N_2(g) \rightarrow 2AlN(s) + H_2O(g) + 3CO(g)$	1500~1550° C		
直接氮化法	$2Al(l) + N_2(g) \rightarrow 2AlN(s)$	1300° C	工艺简单，能耗低，无需除碳	高纯原料易爆炸，需后期破碎
	$2Al(l, g) + N_2(g) + NH_3(g) \rightarrow 2AlN(s) + 2N_2(g) + 3H_2(g)$	1150~1300° C		
自蔓延烧法	$2Al(l) + N_2(g) \rightarrow 2AlN(s)$	引燃后自发放热	设备简单，能耗低，反应速率快	反应剧烈、难以控制，产品纯度低，需后期破碎
化学气相沉积法	$AlCl_3(g) + NH_3(g) \rightarrow AlN(s) + 3HCl(l)$	600~1200° C	反应可控，产品粒度小、纯度高、分布均匀	产量低，成本高，易产生环境问题
	$Al(C_2H_5)_3(g) + NH_3(g) \rightarrow AlN(s) + 3C_2H_6(g)$	1050° C		
等离子体法	$2Al(l) + N_2(g) \rightarrow 2AlN(s)$	等离子体加热	反应时间短，产品粒度小、杂质少、活性高	产量低，设备要求高，产品形貌不规则

资料来源：《氮化铝粉体制备技术的研究进展》，华西证券研究所

3.1.2. 国内粉体供给不足，进口依赖程度大

我国氮化铝产业起步晚，粉体制备技术与国外存在较大差距。由于氮化铝材料制作工艺比较复杂、能耗高、周期长、价格昂贵、生产成本较高，目前大部分国产氮化铝材料尚达不到高导热、高强度的应用要求。国内氮化铝在高质量粉体制备技术方面落后于国外，品质和稳定性均存在较大差距。国内外氮化铝技术性能主要差距体现在粉体制备（高品质，高稳定性）、烧结（品质和良率）以及覆铜等后道工艺等核心技术。随着国内研究不断深入，氮化铝制备技艺不断提高，国内外差距正在逐渐缩小。

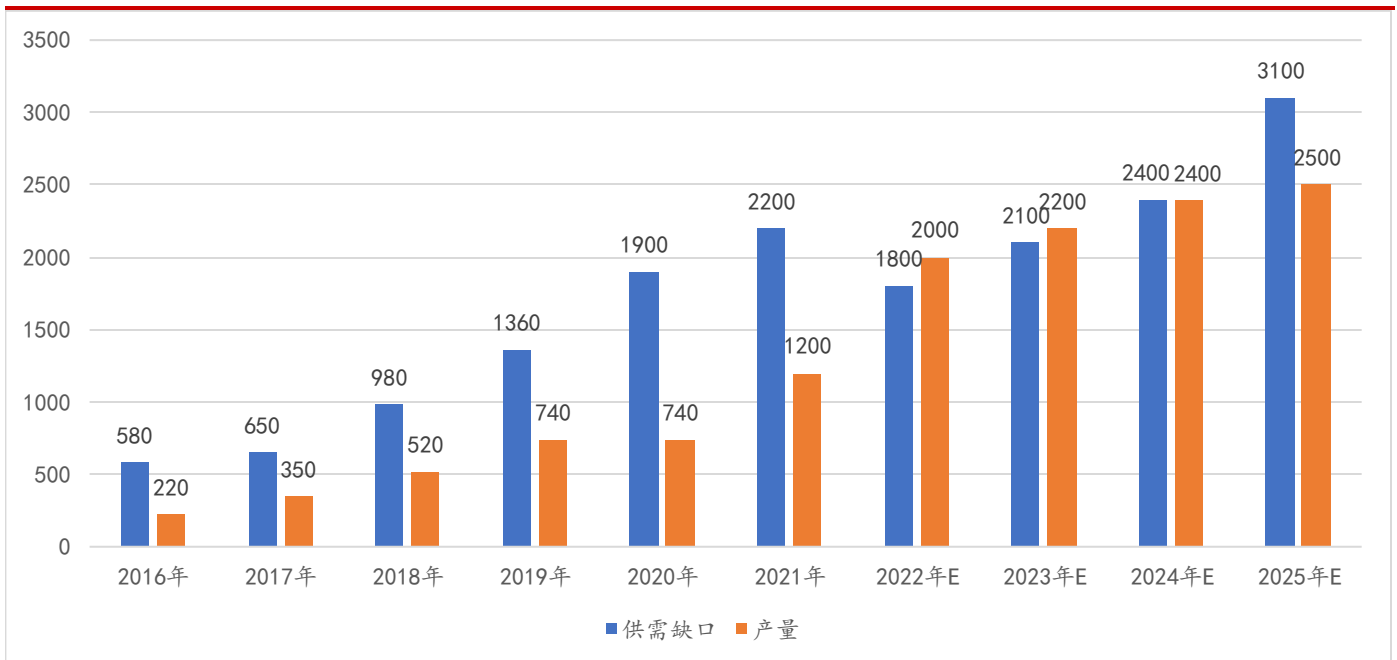
表 6 国内外氮化铝制备技术水平比较

技术性能	国外先进技术水平	国内技术水平
纯度	高：氧含量 0.8% 左右，金属杂质总含量低于 500×10^{-6} ；非金属杂质总含量低于 0.1%	低：氧含量高于 1%，金属杂质总含量高于 500×10^{-6} ；非金属杂质总含量高于 0.1%，性能较高仅限于实验室水平
粒度	均匀性好，粒度分布集中；D50：1-1.5 微米	粗：粒度分布范围宽，D50 > 2 微米
烧结性能	好：成瓷温度宽，批产一致性好	差：成瓷温度窄，批产一致性差
制品导热率	高：>170W/m·k	低：<140W/m·k
收缩率	一致性好，收缩率可控制在 ±1% 以内	一致性差，收缩率很难控制
综合性能	好，适合制作高性能的氮化铝陶瓷产品	不高，不适合用于高性能氮化铝陶瓷产品的原料

资料来源：粉体圈，华西证券研究所

国内氮化铝产量不能满足市场需求，粉料大量依赖进口。根据中国粉体网的信息，2013-2017 年，随着我国消费电子、通讯、汽车、医疗、能源等多领域的发展，中国氮化铝进口数量和进口金额均呈现不断增长的态势。其中，2013 年中国氮化铝进口数量约 30 吨，进口金额约 3000 万元；2017 年，氮化铝进口数量超过 50 吨，进口金额约 4500 万元。国内进口的高性能氮化铝粉体主要来自日本，占据中国市场超 60% 份额。相比于国产氮化铝粉体，进口粉体商品化程度较高，产品稳定性、精细化程度较好，但价格也相对较高，约为国产普通氮化铝粉体价格的 3 倍左右，且存在原材料断供的风险。预计未来一段时间内，我国高性能氮化铝粉体仍将以进口为主。

图 23 中国氮化铝粉体供需缺口（单位：吨）



资料来源：中国粉体网《氮化铝粉体与制品产业发展研究报告》，华西证券研究所

3.1.3. 粉体产业迎来发展机遇，国产替代未来可期

政策大力支持，粉体产业向高质量推进。作为我国七大战略性新兴产业和“中国制造 2025”重点发展的十大领域之一，新材料产业被认为是 21 世纪最具发展潜力并对未来发展有着巨大影响的高技术产业。其中先进功能陶瓷材料指出要重点发展超薄液晶玻璃基板用陶瓷材料、高纯超细氧化铝粉体及透明陶瓷、碳化硅防弹陶瓷、碳化硅蜂窝陶瓷、高纯氮化硅料体、高纯氮化铝粉体、特种陶瓷及复合材料、太阳能瓷砖等功能型或复合型陶瓷产品，以国际先进水平为标杆，突破材料设计、批量制备、制备技术集成等方面的关键技术。

市场需求广阔，产业发展推动力巨大。根据中国粉体网的《中国氮化铝粉体与制品产业发展研究报告》，中国拥有庞大的工业用户，拥有世界上最大的手机生产量、最大的汽车保有量、最大的 5G 基站建设量、最大的 LED 照明需求量，强大的下游应用产业为我国氮化铝粉体产业提供了强大的推动力，未来市场空间广阔。

日德领跑全球氮化铝行业，我国企业迎头赶上。由于氮化铝材料制备技术难度较高、资本投入较大、生产周期较长，国外氮化铝产业起步早发展快，已经积累了丰富的技术经验，目前占据全球氮化铝行业主导地位，行业龙头包括日本丸和、日本东芝、日本京瓷、德国 CeramTec、德国罗杰斯、美国 CoorsTek 等。我国氮化铝产业虽然起步较晚，但目前已经进入批量生产的初步阶段，制备技术和工艺不断提升，与国外巨头的差距正逐渐缩小。目前国内拥有氮化铝粉体生产能力的企业主要为厦门钨瓷科技有限公司、潮州三环集团、国瓷材料等，但粉体依然极度依赖进口，价格高昂。

表 7 我国部分氮化铝企业生产情况

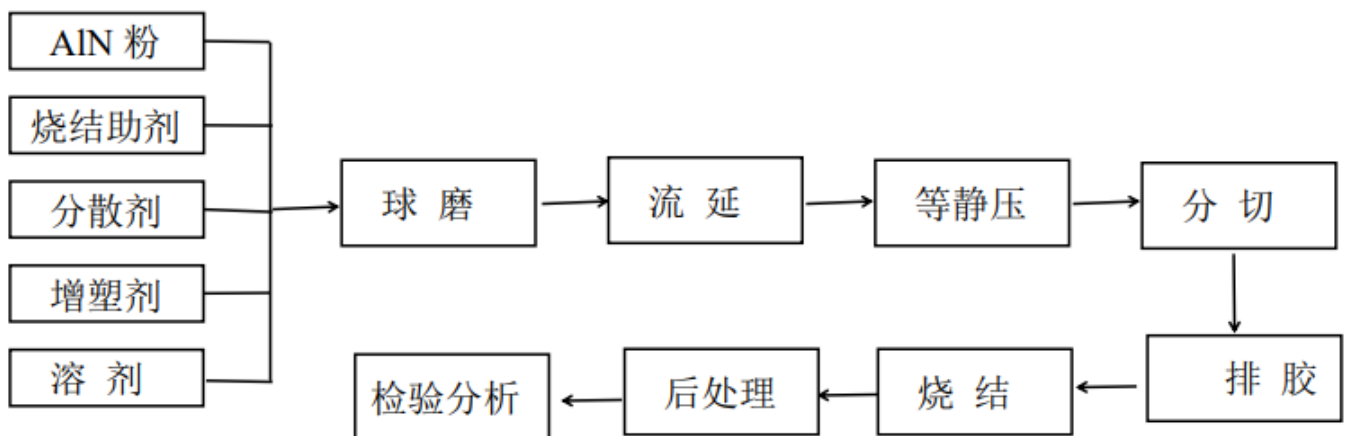
公司	产能、产量
宁夏艾森达	氮化铝基板年产量已达到 120 万片，粉体年产量已达 120 吨
国瓷材料	国瓷高导热陶瓷基板项目公示材料显示，项目建成后可实现年产氧化铝粉体 3000t，氮化铝粉体 200t，高导热陶瓷基板 200 万片
中铝山东	中铝山东 5G 陶瓷基板用氮化铝粉体项目落地，采用先进的碳热还原法工艺，建设 10 吨/年高纯氮化铝粉体试验线（一期）、100 吨/年 5G 陶瓷基板用氮化铝粉体生产线（二期）
成都旭瓷	子公司北瓷新材料目前拥有年产氮化铝粉体 70 吨的能力，在建氮化铝粉体扩产项目，达产后产能将达到 500 吨/年。旭瓷新材料在建电子陶瓷生产线，年产氮化铝陶瓷基板 500 万片等电子陶瓷相关产品
潮州三环	2010 年建成年产 1000 万平方厘米的氮化铝陶瓷基片小批量生产线，目前三环已经具有自制氮化铝粉体的能力
厦门钨瓷	目前福建钨瓷拥有 50 吨高纯度氮化铝粉体、10 吨氮化铝陶瓷的年产能，扩建项目投产后，将增加 100 吨氮化铝粉体的年产能

资料来源：粉体网，艾邦半导体网，华西证券研究所

3.2. 陶瓷基板市场规模增长，国产替代趋势强劲

中游的基板制造主要包括成型、烧结与金属化的过程。

图 24 流延工艺制备 AlN 陶瓷流程图



资料来源：《高导热 AlN 陶瓷基板的制备技术研究》，华西证券研究所

3.2.1. 氮化铝陶瓷制作主要由烧结与成型构成

氮化铝陶瓷常用的成型方法包括模压成型、流延成型、粉末注射成型等。根据不同的制备要求和工艺流程难易程度，需要选择合适的成型方法。目前氮化铝陶瓷基板制作过程中一般选用流延成型。根据《高导热氮化铝陶瓷成型技术的研究进展》的研究，各项成型工艺有其各自优缺点：

①传统的模压成型利于制备高性能 AlN 陶瓷，但是其成本较高，效率低且很难制备出复杂形状的 AlN 陶瓷；②流延成型工艺已经成功应用到工业生产中，但流延成型仅适用于生产薄片形状的 AlN 陶瓷部件，对于复杂形状零件并不适用；③注射成型可以制备复杂形状零件，但是仅适用于制备小型陶瓷部件，而且注射成型设备成本较高，所制坯体有机物含量高，排胶工艺复杂导致其生产效率过低；④注凝成型既可以制备复杂形状陶瓷部件也可以制备片状部件，但是，由于水基注凝成型需对 AlN 粉末做抗水解处理，对最终制得 AlN 陶瓷产品性能的影响尚需进一步研究；而非水基注凝成型体系则需要进一步寻找和制备高质量注凝体系以便于获得高固含量、低粘度的浆料以及无缺陷的坯体；⑤ 3D 打印成型是一种快速成型，适用于制备复杂程度更高的复杂形状部件，对于部件的形状可以灵活设计，在烧结后也可以得到高致密度陶瓷以及良好的热学性能。

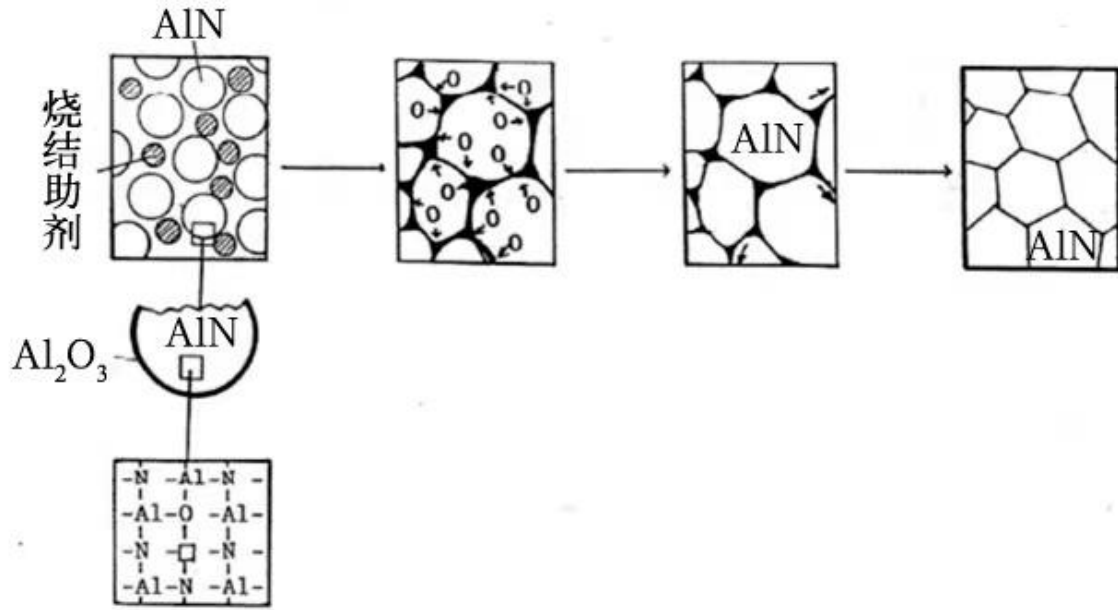
表 8 不同成型工艺制备 AlN 陶瓷的对比

Characteristics	模压成型	流延成型 工艺	注射成型工艺	凝胶注膜	光固化打印
Temperature (°C)	1900	1855	1850	1800	1845
Density (g/cm ³)	3.30	3.30	3.30	3.31	3.20
Thermal conductivity/[W · (m · K) ⁻¹	272	205	248	200	155
Shape complexity	Low	Low	Medium	Medium	High
Secondary machining	Required	Required	Nil	Nil	Nil
Dimensional tolerance	Poor	Poor	Close	Close	Close
Production rate	Low	Low	Medium	Medium	High

资料来源：《高导热氮化铝陶瓷成型技术的研究进展》，华西证券研究所

烧结是指陶瓷坯体高温下的致密化过程，关键在于烧结助剂选择与温度控制。目前氮化铝陶瓷主流烧结方法包括无压烧结、热压烧结、放电等离子烧结、微波烧结等。此外，烧结过程中需添加烧结助剂，包括某些稀土金属、碱土金属、金属化合物等，如 Y₂O₃、CaO、CaF₂、Li₂O 等，可以有效提高材料的致密度和热导率。

图 25 烧结助剂作用原理



资料来源：粉体圈，华西证券研究所

表 9 不同烧结方式对比

烧结方式	耗能	烧结周期	生产效率	制品性能及其他	应用情况
无压烧结	中等	15~25h	中等	可适应不同形状及大小不同的制品、温度便于控制、产品致密度低	已实现大规模生产
热压烧结	高	5~10h	较低	不易于生产控制、产品性能良好	生产应用规模较小
放电等离子烧结	低	30min	高	难以制备大尺寸产品、可制备复杂形状的器件、产品组织均匀、性能良好	未规模化生产
微波烧结	低	30min	高	难以准确控制烧结曲线、产品烧结不均匀、难以制备大尺寸产品	未规模化生产

资料来源：《氮化铝陶瓷的制备及研究进展》，华西证券研究所

图 26 连续式氮化铝粉体合成炉



资料来源：上海硅酸盐研究所，华西证券研究所

3.2.2. 氮化铝陶瓷基板金属化

为满足电子封装结构的密封和元器件的搭载，以及输入、输出端子的连接等要求，氮化铝陶瓷基板表面需要金属化。目前常用的氮化铝陶瓷基板金属化的方法主要有：①厚膜金属化法，即在陶瓷基板上通过丝网印刷布线成导体或电阻，烧结形成电路，主要步骤包括：图案设计、浆料的制备、丝网印刷、干燥与烧结。②薄膜金属化法，一般采取离子镀、真空蒸镀、溅射镀膜等 PVD 方法在 AlN 陶瓷基板表层上沉积电导率高、不易氧化的金属 Ti，然后在 Ti 层上沉积 Ag、Pt、Ni、Au 等金属后，进行热处理，制备金属薄膜。③化学镀金属化法，利用还原剂将溶液中的金属离子还原在催化活性的物体表面而形成金属镀层，镀层与基体结合机理主要是机械啮合，在一定范围内，镀层的粘附强度随着基板表面的粗糙度增大而提高。④直接敷 Cu 法（DBC 法），指将 Cu 箔在高温下直接敷接到陶瓷基板表面上的特殊工艺方法。⑤AMB 法，AlN 与 Cu 采用 Ag-Cu-Ti 焊剂进行钎焊连接。

3.2.3. 国内陶瓷基板后发制人，未来空间巨大

国内陶瓷基板发展较晚，但进展显著。根据《高导热 AlN 陶瓷基板的制备技术研究》的研究中提到，国内，从八十年代末开展 AlN 材料的研究，起步相对较晚。近几年国内的研究取得显著的进展，其中很多技术已经在实际生产中得到应用，但是与发达国家还有一定的差距。国内能够批量化生产和销售的 AlN 陶瓷的热导率主要集中在 170 W/(m·K) 附近。

表 10 国内外主要公司 AlN 产品性能指标

厂家	密度 (g/cm ³)	热导率 W (m·K)	热膨胀系 数× ppm/° C, RT~400 °C	体积电阻 率 (Ω·cm)	介电强 度 kV/mm	介电常数 Hz	介质损 耗× 10 ⁻⁴ Hz	抗弯强度 MPa
Toshiba	3.3	160~270	4.6	>10 ¹²	14~17	8.8	5~10	>300
Maruwa	3.25~3.3	170~230	4.8	>10 ¹³	15	9	3	200~450
Kyocera	3.4	150~190	4.7	>10 ¹⁴	15	8.7	1	400
Tokuyama	3.3	86~230	4.5	>10 ¹⁴	31	8.9	3	350~510
NTK	-	180~220	4.6	-	14	8.8	-	350
Oasis	-	190	4.5	-	-	8.9	-	-
CMC	-	170~260	4.2	10 ¹³	20	9	5	250
Adtech	3.26	160	4.5	>10 ¹⁴	13	8.6	1	280
Ceramtec	-	170~200	4~6	10 ¹²	-	-	-	>320
圣达科技	3.30	170	4.5	>10 ¹⁴	>15	8.7	4	>350
	3.26	240	4.6	>10 ¹³	>10	8.9	4	>300
福建华清	3.30	170	4.6	>10 ¹³	>15	9.0	3.8	330
无锡海古德	3.30	170	4.41	10 ¹⁴	≥25	8.9	4	>330

资料来源：《高导热 AlN 陶瓷基板的制备技术研究》，华西证券研究所

根据旭光电子公告相关数据推算，我们认为一吨氮化铝粉体的市场价值约在 30 万元人民币以上，可对应生产出的 AlN 陶瓷基板市场价值约在 300 万元人民币以上，根据《氮化铝粉体与制品产业发展研究报告》数据预计，2023 年我国对应 AlN 粉体市场需求约为 4300 吨，并将保持 15%左右的年增速，我们预计 2023 年国内 AlN 粉体的市场规模在 12 亿元人民币以上，谨慎估计所对应 AlN 陶瓷基板市场产值约在 80 亿元人民币以上。依据旭光电子公告数据，国内电子陶瓷市场规模在 1,145.40 亿元人民币左右，我们认为随着半导体和新能源行业的发展，AlN 陶瓷基板占电子陶瓷市场比率会不断提升，增速也会高于国内电子陶瓷市场历史年复合增速 13.7%。

根据以上数据推算，我们预测，到 2025 年，国内 AlN 粉体的市场规模将超过 15 亿元人民币，AlN 陶瓷基板市场规模将超过百亿元人民币，而目前国内企业产值占比仍较低，未来国产替代空间大。

根据艾邦陶瓷展数据，目前中国大陆地区有 26 家 AlN 陶瓷基板生产企业。其中主要包括成都旭瓷、山东国瓷、中瓷电子、三环集团、宁夏艾森达、扬州中天利、福建臻璟等。

目前布局上下游粉板一体化企业相对较少。从艾邦智造所统计的数据来看，AlN 粉体生产国内企业有 19 家，但同时布局上下游拥有粉体基板生产能力的企业较少，国内主要有宁夏艾森达、福建臻景、山东国瓷、成都旭瓷、扬州中天利 5 家企业。

表 11 同时拥有粉体基板生产能力的企业较少

序号	国家	公司名称	粉体	基板
1	中国	宁夏艾森达新材料科技有限公司	✓	✓
2	中国	福建臻景新材料科技有限公司	✓	✓
3	中国	山东国瓷功能材料股份有限公司	✓	✓
4	中国	成都旭瓷新材料有限公司	✓	✓
5	中国	扬州中天利新材料股份有限公司	✓	✓
6	中国	厦门钨瓷科技有限公司	✓	-
7	中国	中铝山东有限公司	✓	-
8	中国	竹路应用材料股份有限公司	✓	-
9	中国	山西柯佳源新型陶瓷材料科技有限公司	✓	-
10	中国	烟台同立高科新材料股份有限公司	✓	-
11	中国	浙江亚美纳米科技有限公司	✓	-
12	中国	辽宁德盛特种陶瓷制造有限公司	✓	-
13	中国	山东鹏程陶瓷新材料科技有限公司	✓	-
14	中国	合肥开尔纳米能源科技股份有限公司	✓	-
15	中国	雅安百图高新材料股份有限公司	✓	-
16	中国	苏州锦艺新材料科技股份有限公司	✓	-
17	中国	青海圣诺光电科技有限公司	✓	-
18	中国	合肥艾嘉新材料科技有限公司	✓	-
19	中国	上海寇霆新材料有限公司	✓	-
20	日本	德山 Tokuyama Group	✓	✓
21	日本	丸和 MARUWA	✓	✓
22	日本	东洋铝业	✓	-
23	日本	昭和电工株式会社	✓	-
24	日本	东洋炭素株式会社	✓	-
25	美国	Accumet Materials Co.	✓	✓
26	美国	Surmet Corporation	✓	-
27	瑞典	Höganäs	✓	-

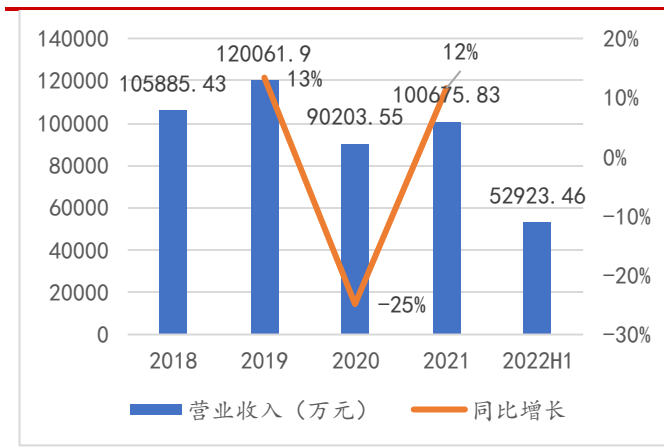
资料来源：艾邦智造，华西证券研究所

4. 国内核心标的盘点

4.1. 旭光电子

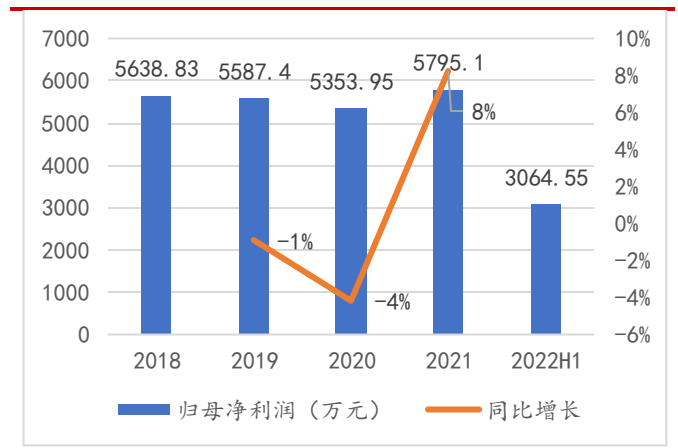
旭光电子是一家专业从事金属陶瓷电真空器件、高低压配电成套装置、光电器件等产品研发、生产、销售的重点高新技术企业。2022 年上半年，公司实现营业收入 52,923.46 万元，同比增长 30.59%；实现归属于上市公司股东的净利润 3,064.55 万元，同比增长 24.99%；实现归属于上市公司股东的扣除非经常性损益的净利润为 2,940.61 万元，同比增长 32.25%。

图 27 旭光电子营业收入



资料来源：wind，华西证券研究所

图 28 旭光电子归母净利润



资料来源：wind，华西证券研究所

成都旭光电子股份有限公司，前身国营旭光电子管厂，1965 年创建于四川广元。公司拥有法瑞克、易格机械、西安睿控、旭瓷四家子公司。公司 1990 年迁址新都，1994 年股份制改造，2002 年在上交所上市。历经 50 余年，公司以真空开关设备、电真空器件、电子陶瓷材料、智能控制快速开关、专业设备制造等多元化的研发、生产制造、销售为主业，涉及电子管、真空灭弧室、固封极柱、高低压成套配电装置、直流输配电以及电子陶瓷、电子工业专业设备和动力能源制造、金属零件精密铸造、嵌入式计算机等领域。是国内唯一一家拥有从金属零件加工、精密陶瓷制造到智能电气装备的全产业链技术创新型高新技术企业。

公司主营业务包括电真空业务、军工军品业务和电子陶瓷业务。

公司是专业从事陶瓷电真空器件的企业，用于电真空器件的陶瓷的设计、研发、生产的配套产业是公司最重要的部分，其中陶瓷金属化是公司最核心的技术之一。金属化陶瓷重要的技术要求是气密性、抗拉抗折强度、耐高压性能。公司目前具有国内最大规模的年产 200 余万只金属化陶瓷的生产能力。几十年来，公司已积累了丰富的陶瓷金属化的工艺技术和生产管理经验，培养和储备了一大批技术工员和技术工人；公司也已掌握电子陶瓷核心设备的自制能力。公司控股子公司旭瓷公司专业从事氮化铝材料的研发、生产、销售及技术服务，主要产品包括氮化铝粉体、基板、结构件等电子陶瓷材料。旭瓷新材料氮化铝产业已从粉体、流延基板，结构件、半导体设备器件、高温共烧多层线路板等全线打通，并形成规模销售。已计划建设产能 500 吨高纯度高性能粉体生产线。

旭光电子募资 5.5 亿元大力发展电子陶瓷业务。2022 年 1 月，公司发布 2022 年度非公开发行 A 股股票预案。本次非公开发行股票拟募集资金总额不超过 5.5 亿元，

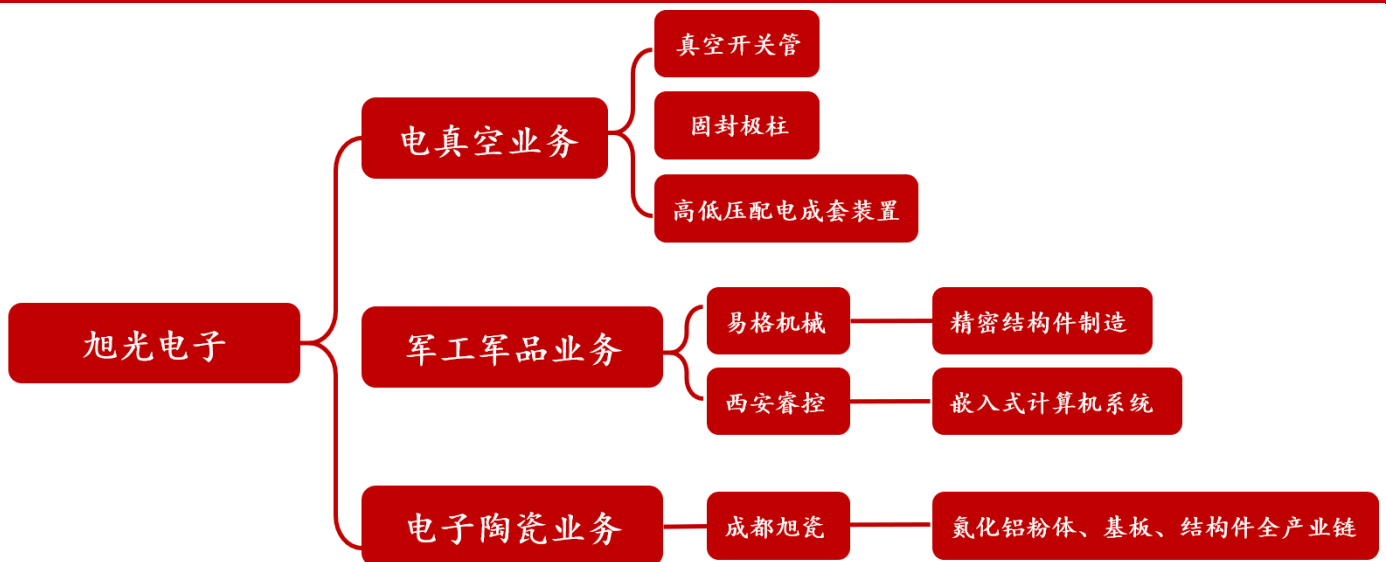
将用于电子陶瓷材料产业化项目和补充流动资金。募投项目投产后将促使公司电子陶瓷类产品的产品结构调整和产业战略升级。项目扩产建成后，公司将达到 500 吨氮化铝粉体的生产能力，形成氮化铝基板、氮化硅基板、HTCC 及结构件等产业链体系，以满足市场快速增长的需求。截止目前，旭瓷公司的产品已取得部分客户的验证，并利用现有产能开始批量供货，同时，电子封装陶瓷材料扩产项目和电子陶瓷材料产业化项目建设项目正在加快建设过程中，电子封装陶瓷材料扩产项目已经完 10000m² 厂房建设，氮化铝电子陶瓷材料产业化项目已完成 18000m² 厂房建设，氮化铝基板、HTCC 生产线第一期设备已进入安装调试阶段。第一期设备安装调试完成后，可实现 60 万片/年（120*120*0.5mm）氮化铝基板、2 万片/年（4.5*4.5 英寸）HTCC 生产能力。

表 12 旭光电子非公开发行 A 股股票募集资金用途（万元）

项目名称	项目总投资（万元）	拟使用募集资金（万元）
电子封装陶瓷材料扩产项目	22,187.42	13,670.86
电子陶瓷材料产业化项目	94,741.05	33,529.14
其中：一期	41,464.83	33,529.14
二期	53,276.22	-
补充流动资金	7,800.00	7,800.00
合计	124,728.47	55,000.00

资料来源：公司公告，华西证券研究所

图 29 旭光电子主营业务



资料来源：公司公告，华西证券研究所

电真空业务中，公司主要聚焦电真空器件的经营和拓展，并专注于相关领域产品的研发、设计、生产和销售，是国家重点高新技术企业。主要产品真空开关管、固封极柱和高压配电成套装置及电器元件，主要用于电力行业，其市场需求的动力来源

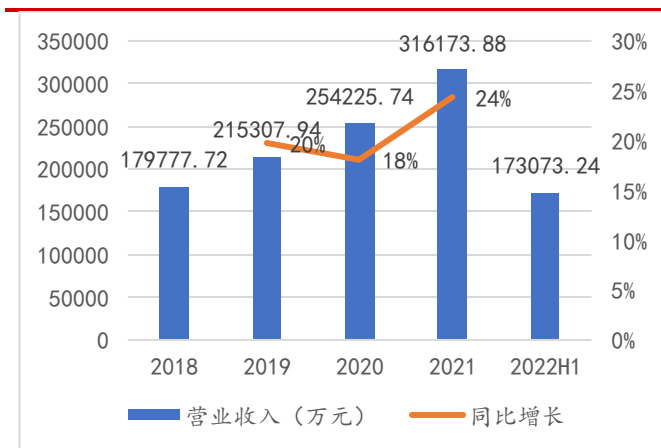
于输电网的建设和升级改造及各行业的新建项目及改造。2022 年上半年，公司开关管销售数量 38.71 万余只，同比增加 2.1%，上半年实现销售收入 23,116.81 万元，同比增加 9.59%，在逆境中稳步增长；发射管实现恢复性增长，上半年实现销售收入 2,673.62 万元，同比增长 27.96%。

公司军工业务主要由控股子公司易格机械和西安睿控承担。其中易格机械主要从事生产制造（包括精密铸造和精密制造）业务，生产制造高精度、形状复杂的精密结构件，产品广泛用于航空、航天、兵器等领域；西安睿控致力于国产化自主可控嵌入式计算机系统的研发、生产和销售，主要服务于军工和轨道交通领域。主要客户包括我国各大军工集团下属的企业和科研院所。十四五规划明确提出“促进国防实力和经济实力同步提升”。在应对百年未有之大变局的国际形势中，未来中长期内我国军事装备或将进入加速追赶期。2022 年上半年，公司军品销售收入 1.22 亿元，占主营业务收入 28.68%。其中易格机械公司实现营业总收入 8,332.54 万元，较上年同期增长 52.6%，实现净利润为 1,912.23 万元，较上年同期增长 59.47%。西安睿控实现主营业务收入 3,942.89 万元，实现净利润为 438.89 万元，公司业绩 2022 年年初受西安疫情影响，公司从 2021 年年底放假至 2022 年二月中旬，严重影响了生产进度和出货。

4.2. 国瓷材料

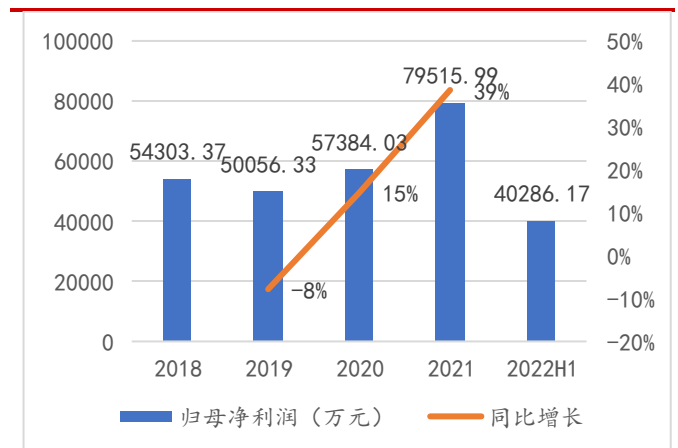
公司主要从事各类高端陶瓷材料的研发、生产和销售，已形成包括电子材料、催化材料、生物医疗材料、新能源材料、精密陶瓷和其他材料在内的六大业务板块，产品应用涵盖电子信息和通讯、生物医疗、新能源、建筑陶瓷、尾气催化、太阳能光伏等领域。2022 年上半年，国瓷材料实现营业收入 173,073.24 万元，比上年同期增长 17.47%；归属于上市公司股东的净利润 40,286.17 万元，比上年同期增长 2.14%；归属上市公司股东的扣除非经常性损益后的净利润 36,371.42 万元，比上年同期增长 2.06%。

图 30 国瓷材料营业收入



资料来源：wind，华西证券研究所

图 31 国瓷材料归母净利润



资料来源：wind，华西证券研究所

精密陶瓷板块中，公司已经具备从氮化硅粉体制备到陶瓷球制造的一体化生产能力。公司业务稳步推进，产品已经通过了下游多家头部轴承厂商的验证，部分已开始小批量供货；公司陶瓷球在新能源领域的应用也越来越广泛，部分产品在加速验证过程中，为应对下游应用领域的不断拓展，公司正在积极扩充产能。另外，公司在氮化铝粉体市场相继取得突破，氮化铝陶瓷基板产线也已经建设完成并批量供货，有

望实现销售的快速增长。伴随着全球光纤通讯网络的建设持续推进，公司子公司深圳爱尔新材料生产的陶瓷套筒、陶瓷插芯等结构件的产销量较上年同期稳定增长。2022年上半年，公司精密陶瓷板块实现营业收入9,678.07万元，同比增长28.74%。

电子材料板块中，公司作为国内MLCC介质材料的龙头生产商，凭借多年的技术积累和沉淀，迅速完成了车规级产品的技术研发和产业化，实现了从消费电子、通讯到车规所有类型的基础粉和配方粉的全覆盖。同时，公司利用募集资金迅速推进车规级产品的产能布局，未来随着车规级产品销售占比的不断增加，相关业务有望继续保持稳定增长趋势。公司利用水热、纳米和调色等核心技术全面配合并持续满足各大客户的需求，智能手表陶瓷外壳需求持续增加，智能手机陶瓷后盖产品也在不断验证中。公司借助多年来在MLCC行业创造的品牌影响力积累的优质客户资源，加速电子浆料在各大MLCC客户端的验证进程。另外，公司光伏浆料业务也在紧跟行业发展步伐，双面PERC铝浆陆续取得行业内各厂家的认可。

催化材料板块中，公司重点拓展尾气处理的前装市场和，持续推进与下游主机厂和整车厂的配合工作，与OEM客户配合取得了越来越多的公告，商用车、乘用车、非道路机械和船机等应用领域实现了快速突破。公司生产的锆固溶体和改性氧化铝等产品，作为三元净化器涂覆的重要原材料，越来越受到市场的关注和肯定。公司产品现已通过世界头部客户严格的质量体系审核，成功进入其供应商体系名录，供货量快速增长。生物医疗材料板块中，公司拥有纳米级复合氧化锆粉体、氧化锆瓷块、玻璃陶瓷、树脂基陶瓷、数字化解决方案等系列牙科产品，具备从原料端持续优化产品的竞争优势。其他材料板块中，公司子公司国瓷康立泰现已位居国内墨水行业的领先地位，公司在国内各陶瓷主产区均设有专门的办事处、配备业务与技术人员，在海外地区实行本土化管理，使得公司的市场规模和占有率不断扩大。

新能源材料板块中，公司基于核心技术生产的氧化铝和勃姆石材料，具有高纯、超细、单分散性好、磁性物质含量极低等特点，可以广泛应用于锂电池电芯隔膜和极片涂覆。公司作为行业的领先企业，目前已经覆盖国内外大多数主流的锂电池生产厂商和锂电池湿法隔膜厂商，积累了丰富的客户资源，也树立了良好的品牌知名度。为应对旺盛的市场需求，公司也加快了相关募投项目的投产进度，截至2022年6月，公司已经完成1.25万吨勃姆石产线建设并正式投产，预计年底可以完成2.5万吨年产能项目的建设，三年内根据市场情况计划将勃姆石年产能逐步扩产至10万吨；高纯超细氧化铝已经完成1万吨产能的建设，三年内年产能逐步扩充至3万吨。

表 13 国瓷材料主要产品及用途

材料	产品	用途
电子材料板块	MLCC 介质材料	用于制造多层陶瓷电容器 (MLCC)、单板陶瓷电容器、热敏电阻、压电陶瓷、微波陶瓷等电子元器件的主要原料之一
	电子用纳米级复合氧化锆材料	主要用于制造高端手机背板、智能手表外壳、锂电池正极添加剂等
	电子浆料	电子浆料被视为部件封装、电极和互联的关键材料, 在被动电子元件和微波器件、压电陶瓷、传感器件等领域存在庞大的市场
催化材料板块	蜂窝陶瓷	广泛应用于车用尾气净化处理的催化转化器, 对汽车排放废气中的有害气体进行催化转化、固态颗粒物进行过滤拦截
	铈锆固溶体氧化物	汽车尾气三元催化剂中提高催化剂工作效率的重要组成部分
	分子筛	可以用于沸石蜂窝、转轮等领域的分子分离吸附、干燥净化和活化催化
生物医疗材料板块	牙科用纳米级复合氧化锆粉体材料	主要用于加工和生产牙科固定修复用各类氧化锆瓷块的基础口腔材料之一
	氧化锆瓷块	广泛用于制作牙科固定义齿的冠、桥、嵌体的多晶陶瓷类义齿修复材料
	玻璃陶瓷瓷块	主用于椅旁 CAD/CAM 工艺修复的单颗快速美学修复、热压铸工艺修复的美学贴面修复或前牙三连桥美学修复
	复合树脂陶瓷	用于通过 CAD/CAM 工艺制作牙科修复体, 包括嵌体、高嵌体、非承力区牙冠和贴面
新能源材料板块	高纯超细氧化铝	公司生产的高纯度 α -氧化铝可作为锂电隔膜涂布、锂电池正极材料添加等专用原料
	勃姆石材料	公司通过水热合成制作出高纯度、粒度分布窄、单分散性好的各类勃姆石粉体, 被广泛应用于锂电隔膜和极耳涂布等领域
精密陶瓷板块	陶瓷轴承球	用于混合轴承、陶瓷轴承以及阀门球等设备, 具体应用领域包括机床、化学化工、航空航天、医疗器械、新能源汽车、风力发电等
	陶瓷套筒、陶瓷插芯等结构件	用于光通信光传输中的活动连接和制造各种精密仪器设备
其他材料板块	陶瓷墨水、陶瓷色釉料	广泛用于陶瓷的数码化打印, 可以增加瓷砖美观度, 实现建筑陶瓷的个性化和功能化

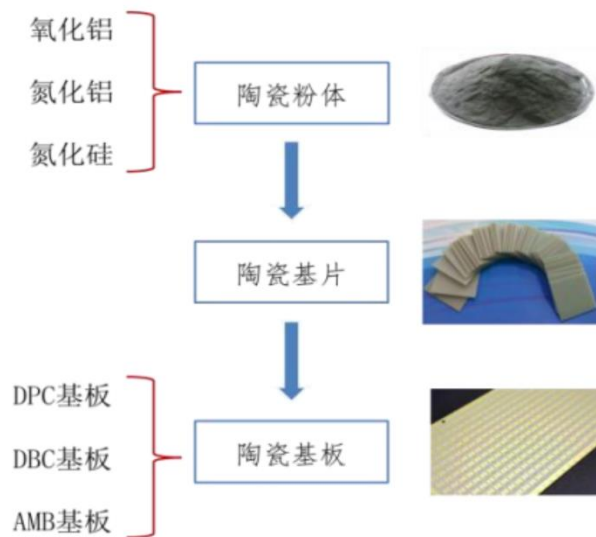
资料来源: 公司公告, 华西证券研究所

收购赛创电气, 加大布局陶瓷基板业务。2022 年 10 月 26 日发布公告宣布以 3.98 亿元收购赛创电气。根据公告内容显示, 赛创电气是一家专业从事功率半导体覆铜陶瓷载板 (薄膜金属化、DPC、DBC 和 AMB) 的集研发、制造、销售于一体的先进制造业公司, 主要产品为在陶瓷基片上进行金属化制程的陶瓷基板。半导体陶瓷覆铜板在储能、光通信、电网、工业激光、IGBT、传感器、封装基板等方面均有广泛应用。赛创电气主要产品为 LED 陶瓷封装基板、车用传感器陶瓷基板、车载雷达陶瓷基板、功率激光热沉、半导体制冷器陶瓷基板等。目标公司联合设备厂商开发了激光加工、陶瓷表面处理、磁控溅射设备、垂直脉冲填充电镀等设备, 实现了 DPC 陶瓷

基板产品的规模化与标准化生产。赛创电气未来还会研发氮化硅陶瓷基板、多层陶瓷基板，并开发 AMB 和 DBC 工艺，进一步拓展新能源汽车、航空航天、半导体等新兴产业领域应用。赛创电气致力于成为半导体陶瓷载板行业领军企业，打破日本京瓷、日本丸和在高端陶瓷基板的垄断地位，推进国内陶瓷基板产业链进口替代，以自有核心技术解决“卡脖子”问题，实现产业链的国产自主可控。

收购完成后国瓷材料将形成从粉体到基板一体化全产业链布局。国瓷材料在陶瓷粉体和陶瓷基片环节已具备全面自制能力，双方合作将有助于公司向下游陶瓷基板延伸，完成从粉体、基片到基板的产业链布局，提升产业链各环节产品技术、质量和迭代能力，产业链垂直一体化和国产化也将加速国瓷材料新产品的开发和产业化。国瓷材料将借助氧化铝、氮化铝、氮化硅、高端氧化铝粉体、基片的研发能力和目标公司陶瓷基板生产能力，打造陶瓷基板产业平台。

图 32 国瓷材料收购赛创电气打造一体化产业链布局

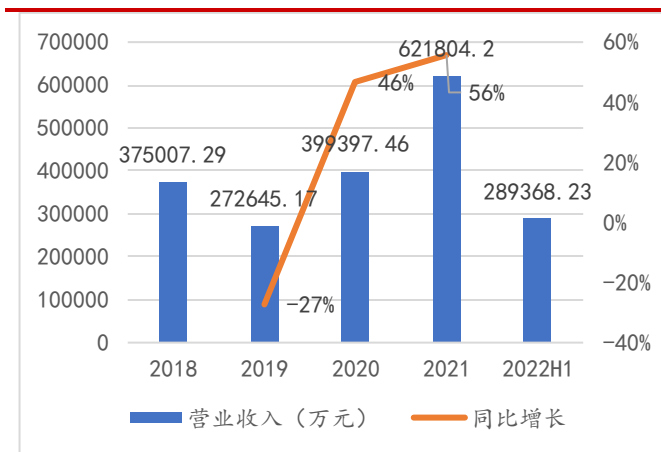


资料来源：公司公告，华西证券研究所

4.3. 三环集团

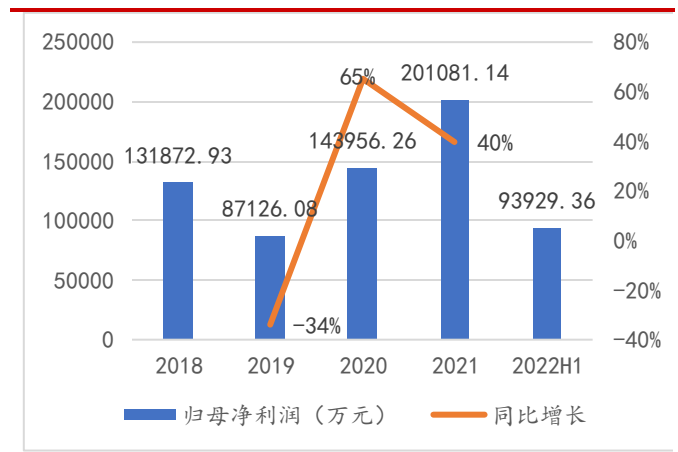
三环集团主要从事电子元件及其基础材料的研发、生产和销售，主要包括通信部件、半导体部件、电子元件及材料、新材料等的生产和研发，公司产品主要应用于电子、通信、消费类电子产品、工业用电子设备和新能源等领域。2022 年上半年，公司实现营业收入 289,368.23 万元，比上年同期增长 0.62%；公司归母净利润 93,929.36 万元，同比减少 12.94%。

图 33 三环集团营业收入



资料来源：wind，华西证券研究所

图 34 三环集团归母净利润



资料来源：wind，华西证券研究所

公司成立于 1970 年，2014 年在深交所上市。公司具有 50 多年电子陶瓷生产经验，主导产品从最初的单一电阻发展成为目前以通信部件、电子元件及材料、半导体部件、陶瓷燃料电池部件等产品为主的多元化产品结构，其中光纤连接器陶瓷插芯、氧化铝陶瓷基板、电阻器用陶瓷基体等产销量均居全球前列。

5. 投资建议

我们预计 AIN 凭借出色的热导性、绝缘性附加与硅相匹配的热膨胀系数，作为散热件和结构件将在半导体、新能源及军工领域获得大量新增需求。国内 AIN 产业发展迅猛，国产替代空间巨大，因为粉体质量直接影响基板性能，我们认为布局粉板兼有的上下游一体化公司将脱颖而出。核心受益：旭光电子、国瓷材料、三环集团、宏达电子。

6. 风险提示

相关产业政策低于预期，影响市场需求释放规模；新技术研发进程缓慢，产品研发不及预期；系统性风险。

分析师与研究助理简介

刘奕司：美国德克萨斯州立大学达拉斯分校工学硕士，模拟射频集成电路设计方向。曾就职于歌尔股份、紫光国微。21年加入华西证券。

卜灿华：北京大学硕士，管理学、金融学背景，三年管理咨询经验，2022年加入华西证券研究所。

分析师承诺

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，保证报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求客观、公正，结论不受任何第三方的授意、影响，特此声明。

评级说明

公司评级标准	投资评级	说明
以报告发布日后的6个月内公司股价相对上证指数的涨跌幅为基准。	买入	分析师预测在此期间股价相对强于上证指数达到或超过15%
	增持	分析师预测在此期间股价相对强于上证指数在5%—15%之间
	中性	分析师预测在此期间股价相对上证指数在-5%—5%之间
	减持	分析师预测在此期间股价相对弱于上证指数5%—15%之间
	卖出	分析师预测在此期间股价相对弱于上证指数达到或超过15%
行业评级标准		
以报告发布日后的6个月内行业指数的涨跌幅为基准。	推荐	分析师预测在此期间行业指数相对强于上证指数达到或超过10%
	中性	分析师预测在此期间行业指数相对上证指数在-10%—10%之间
	回避	分析师预测在此期间行业指数相对弱于上证指数达到或超过10%

华西证券研究所：

地址：北京市西城区太平桥大街丰汇园11号丰汇时代大厦南座5层

网址：<http://www.hx168.com.cn/hxzq/hxindex.html>

华西证券免责声明

华西证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具备证券投资咨询业务资格。本报告仅供本公司签约客户使用。本公司不会因接收人收到或者经由其他渠道转发收到本报告而直接视其为本公司客户。

本报告基于本公司研究所及其研究人员认为的已经公开的资料或者研究人员的实地调研资料，但本公司对该等信息的准确性、完整性或可靠性不作任何保证。本报告所载资料、意见以及推测仅于本报告发布当日的判断，且这种判断受到研究方法、研究依据等多方面的制约。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及预测不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息始终保持在最新状态。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，投资者需自行关注相应更新或修改。

在任何情况下，本报告仅提供给签约客户参考使用，任何信息或所表述的意见绝不构成对任何人的投资建议。市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告视为做出投资决策的惟一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。在任何情况下，本报告均未考虑到个别客户的特殊投资目标、财务状况或需求，不能作为客户进行客户买卖、认购证券或者其他金融工具的保证或邀请。在任何情况下，本公司、本公司员工或者其他关联方均不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，也不对任何人因使用本报告而导致的任何可能损失负有任何责任。投资者因使用本公司研究报告做出的任何投资决策均是独立行为，与本公司、本公司员工及其他关联方无关。

本公司建立起信息隔离墙制度、跨墙制度来规范管理跨部门、跨关联机构之间的信息流动。务请投资者注意，在法律许可的前提下，本公司及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券或期权并进行证券或期权交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。在法律许可的前提下，本公司的董事、高级职员或员工可能担任本报告所提到的公司的董事。

所有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、转发或公开传播本报告的全部或部分内容，如需引用、刊发或转载本报告，需注明出处为华西证券研究所，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。