仅供内部参考，请勿外传

证券研究报告

陶瓷基板专题研究：AI 算力高功耗驱动需求上行，稀土供给约束打开替代空间

2026.10.27

分析师：孙颖博士 中泰研究所副所长/建材&化工行业首席
执业证书编号：S0740519070002

分析师：曹惠
执业证书编号：S0740525030003

研究助理：郝文阳

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

■ 在AI算力功耗呈指数级跃升的背景下，陶瓷基板正从传统封装材料升级为算力硬件的核心刚需，其中**氮化铝（AIN）基板凭借优异热导率、合适热膨胀系数、低介电损耗、良好机械性能等综合优势，成为功率半导体器件散热与电路承载的关键衬底材料。**有别于友商侧重于宏观需求或少数场景的简要分析，本篇报告对氮化铝基板在AI领域的核心应用场景进行了全面拆解，并重点针对光模块领域的市场空间进行了详实测算，同时按照“粉体-基板-金属化”的产业链脉络对核心标的进行系统梳理，以期为投资者提供更具颗粒度与前瞻性的产业研究。

■ **需求端：AI产业链四大场景共振，拉动AIN基板量价齐升。**

①高速光模块：800G开始导入AIN材料，1.6T中成为必选，典型产品有陶瓷基板及TEC冷却片等。据测算，2026、2027年AIN基板（包含TEC冷却片用陶瓷基板）总需求量分别为5.94、8.96亿片，2027年同比增长50.84%；对应市场规模分别为7.50、13.18亿美元，2027年同比增长75.73%。后续随3.2T及更高速率光模块逐步规模化落地，算力场景下芯片散热需求进一步提升，AIN基板市场空间有望继续上行。

②CPO共封装光学/NPO近封装光学：光引擎与交换/计算芯片高密度集成带来严重热串扰，TEC制冷片是激光器精准温控的核心方案，AIN基板作为TEC三明治结构不可或缺的核心基材，新场景下需求有望提升。

③GPU-HBM热管理：HBM堆叠层数增加导致热点集中且散热路径受限，TEC主动制冷成为破解堆叠热点的关键方案，AIN基板作为TEC核心结构材料，有望在这一趋势中充分受益。

④PCB/陶瓷HDI混压：算力芯片功耗持续突破传统材料性能边界，行业当前采用用HDI PCB+局部嵌入陶瓷基板混压方案。当前 AI服务器板卡中，陶瓷基板对传统PCB的替代比例已接近30%，主要局部应用于GPU底部、正交背板等高发热区域，伴随芯片功耗上行，替代空间将持续扩容。

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

■ **供给端：稀土管制加速本土一体化布局，高端市场海外壁垒松动，国内企业迎来切入良机。**

➢ **全球AlN基板呈现日本主导、中国追赶的竞争格局。**日本企业凭借粉体、烧结、金属化等各环节优势主导高端市场，京瓷、丸和、日本精密陶瓷三家垄断80%以上高端DPC基板；国内厂商在中低端基板领域已实现规模化供货，目前正加速向高端市场突围。

➢ **稀土管制下，AlN粉体成为卡脖子环节。**上游粉体为决定基板性能的核心，氧含量、杂质、粒度直接影响成品热导率。高端AlN粉体长期被日美企业垄断，日本德山占据全球70%以上高端粉体份额，海外合计占据90%高端粉体市场。氧化钇是AlN烧结必需稀土助剂，受国内中重稀土出口管制影响，海外厂商面临原料断供与交期拉长，产能释放受限。国内企业迎历史性替代机遇，正加速构建“粉体-基板-金属化”纵向一体化布局。

■ **重点个股**

➢ 氮化铝产业链涵盖上游高纯粉体、中游电子陶瓷制品（含裸板及金属化），目前少数头部企业已打通全链条，实现垂直一体化布局。围绕上述产业链环节及技术演进趋势，建议重点关注：

1）粉体-金属化-基板一体化标的：**国瓷材料、旭光电子；**

2）氮化铝粉体新兴玩家：**金博股份；**

3）DPC载板、光通信基板及管壳领先厂商：**富乐德、中瓷电子；**

4）陶瓷混压PCB主要厂商：**科翔股份。**

■ **风险提示：**下游需求不及预期、技术迭代与路线替代风险、行业竞争加剧、稀土出口政策不确定性、第三方数据失真及信息滞后、数据结果测算偏差风险

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

仅供内部参考，请勿外传

中泰证券 ZHONGTAI SECURITIES

1 陶瓷基板：高端电子器件的核心散热基材

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

1.1陶瓷基板：高标准散热要求下的刚需之选

- 环氧玻璃布层压板（FR-4）与覆金属基板是电子设备的常用基板，但较低的热导率与较高的热膨胀系数（CTE）限制了其在恶劣工况下的使用。陶瓷基板虽然材料和工艺成本更高，但热导率可达 200 W/m·K、CTE与硅接近且可靠性更优。随着电动汽车、功率半导体、航空航天、卫星通信等产业高速发展，下游电子器件逐步向大电流、高工作温度、高频化迭代，对芯片散热载体提出更严苛的性能要求，**陶瓷基板凭借优异的导热性能、微波特性、机械力学性能以及高可靠性，现已成为微电子封装、传感器、无源元件等高端领域的核心封装基材。**
- 从材料本质来看，陶瓷是金属与非金属形成的化合物，原子间主要依靠离子键、共价键或两者共同结合。化学键的固有属性，一方面造成陶瓷本身延展性、韧性偏弱；另一方面强化学键、自由电子数量少的特点，又赋予其高熔点、优异绝缘性与良好化学稳定性等核心优势。由陶瓷粉体加工制成的陶瓷基板，继承了耐高温、高绝缘、化学稳定性强的固有属性。同时，陶瓷基板气密性优良，能有效隔绝水汽、氧气、粉尘等外界污染物，为电子元器件和电路营造稳定的运行环境，延长器件使用寿命。此外，部分陶瓷基板还具备耐辐射特性，可适配航空航天、核工业等特殊工况。当前主流的基板陶瓷材料主要包括氧化铝（Al_2O_3）、氮化铝（AlN）、氮化硅（Si_3N_4）、碳化硅（SiC）、氧化铍（BeO）等。

图表：常用基板性能对比

类型	导热系数 / (W/m·K)	热膨胀系数 (CTE) / (10^{-6} · ℃$^{-1}$)	转变温度 / ℃
FR-4	0.24	13-17	130-150 (Tg)
覆铜板	1.2-4	22-25	取决于绝缘材料
覆铝板	2~6	17	取决于绝缘材料
氮化铝 (AlN)	10~260	2.7~4.6	2060
硅 (Si)	616	2~4	1200

图表：常用陶瓷基板材料性能对比（纯度均为99%）

材料	热导率 /(W · m^{-1} · K^{-1})	热膨胀系数 /(10^{-6} · ℃$^{-1}$)	电阻率 / (Ω · m)	相对介电常数	损耗角正切值	击穿电场强度 /(kV · mm^{-1})	抗弯强度 / MPa	弹性模量 / GPa
Al_2O_3	29	7.2	>10^{15}	9.7	1	10	25	370
AlN	150	4	>10^{14}	8.9	5	15	12	310
BeO	310	7.5	>10^{14}	6.7	4	10	12	350
Si_3N_4	106	3	>10^{14}	9.4	8	100	20	320
SiC	270	3	>10^{14}	40	50	0.07	25	450

来源：《陶瓷基板研究现状及新进展》、《电子封装陶瓷基板及其金属化工艺》、中泰证券研究所

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

中泰证券 ZHONGTAI SECURITIES

1.1陶瓷基板：高标准散热要求下的刚需之选

图表：主流陶瓷基板材料优劣势比较

结构		优势	劣势	应用场景
氧化铍(BeO)	纤锌矿型结构，单胞为立方晶系，具有很强的共价键。	• 室温下其热导率可达310W/(m·K)，为同等纯度Al_2O_3陶瓷热导率的10倍左右。 • 同时还具有较低的介电常数、介电损耗以及高的绝缘性能和机械性能。	粉末有剧毒，吸入可造成肺功能损伤甚至中毒而危及生命。	在航空航天、电力电子、光电技术和核工业等领域应用广泛，尤其在需要高导热的大功率器件及电路应用中，BeO陶瓷是首选材料。
氧化铝(Al_2O_3)	主要晶型有4种：α-Al_2O_3、β-Al_2O_3、γ-Al_2O_3和ζ-Al_2O_3，其中α-Al_2O_3活性最低，是4种主要晶型形态中最稳定的一种，其单元晶胞是一个尖的菱面体，属于六方晶系。	• 根据Al_2O_3原料质量分数不同，可分为75瓷、85瓷、95瓷和99瓷等。 • 95瓷产量最大、品种最多、应用最广，其力学、电学和热学性能满足大多数行业技术应用的要求，生产工艺较成熟、生产设备也较通用、成本较低。	因其热导率较低(99瓷热导率仅为37W/(m·K))、热膨胀系数较大(7.2×10-6/℃，而硅热膨胀系数为3.6×10-6~4.0×10-6/℃)，在面临复杂的温度变化时容易因热导率低和热膨胀系数不匹配导致在内部累积应力，进而造成芯片失效。	Al_2O_3基片主要适用于对散热要求较低的器件和电路，对于超大功率器件并不适用。
氮化铝(AlN)	具有纤锌矿结构的Ⅲ-Ⅴ族化合物，其单元晶胞为AlN4四面体，属于六方晶系，具有很强的共价键。	• 纯净AlN晶体室温热导率高达320W/(m·k)，热压烧制的AlN基片热导率可达150W/(m·K)，为Al_2O_3的5倍以上。 • 热膨胀系数为3.8~4.4×10^{-6}/℃，与Si、SiC和GaAs等半导体芯片材料热膨胀系数匹配良好。	AlN是共价键晶体，熔点高、难以烧结，需要烧结助剂来优化晶格排布，减少晶格缺陷，常用的烧结助剂主要有Y_2O_3、CaO、Li_2O、BaO、MgO、SrO、La_2O_3、HfO_2和CeO_2等。	AlN陶瓷具有更高的热导率，在大功率电力电子等需要高热传导的器件中逐渐替代Al_2O_3陶瓷，应用前景广阔。
氮化硅(Si_3N_4)	Si_3N_4为共价键化合物，有三种晶体结构：α-Si_3N_4、β-Si_3N_4和γ-Si_3N_4，其中α-Si_3N_4和β-Si_3N_4是最常见的晶型，为六方结构。	• 通过优化比例与烧结工艺，目前Si_3N_4热导率已达106W/(m·K)。 • Si_3N_4的热膨胀系数约为3.0×10-6/℃，与Si、SiC和GaAs等材料匹配良好。 • Si_3N_4陶瓷基板由于硬度高、机械强度高、耐高温和热稳定性好、介电常数和介质损耗低、耐磨损、耐腐蚀等优异性能，被认为是综合性能最好的陶瓷材料。	单晶Si_3N_4热导率可达400W/(m·K)，然而由于其为声子传热，实际晶格中存在空位、位错等缺陷，且杂质造成声子散射变大，实际烧制的陶瓷热导率低于理论水平。	目前在IGBT模块封装中得到青睐，并逐步替代Al_2O_3和AlN陶瓷基板。
碳化硅（SiC）	主要有α-SiC、β-SiC两种结构，其中α-SiC有三方及六方两种晶系。	• 不同纯度SiC陶瓷，其室温下热导率为100～490W/(m·K)。 • 具有禁带宽度大、击穿电压高、热导率高以及电子饱和速度高等优点。	由于介电常数非常大，SiC陶瓷仅适用低频场景，并不适合高频应用。	目前在电力机车、电动汽车等领域应用广泛。

来源：《陶瓷基板研究现状及新进展》、中泰证券研究所

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

仅供内部参考，请勿外传

1.2 陶瓷基板工艺分类与性能比较

■ 陶瓷基板经成型、烧结等步骤制备而成，在此基础上需进一步进行金属化处理，在基板表面形成金属线路，进而完成器件焊接与电气连接功能。**金属化工艺可分为平面陶瓷基板工艺和三维陶瓷基板工艺，其中平面陶瓷基板工艺主要有TPC、TFC、DBC、AMB和DPC工艺，三维陶瓷基板工艺主要有HTCC和LTCC工艺。**

➢ 平面金属化工艺

① **TPC（厚膜陶瓷基板）：**利用丝网印刷工艺，在洁净陶瓷基板上涂覆粘性浆料，经历干燥后叠加印刷铜浆，并经再次干燥和烧结处理，可形成厚度介于5至50 μm的金属膜层。

② **TFC（薄膜陶瓷基板）：**一般采用溅射工艺直接在陶瓷基片表面沉积金属层，后辅助光刻、显影、刻蚀等工艺，将金属层图形化制备成线路，其主要的工艺流程为：研磨减薄、磁控溅射种子层、表面处理、图形化、划切等。

③ **DPC（直接镀铜陶瓷基板）：**基板经激光冲孔并彻底清洁后，在干燥的陶瓷表面沉积种子层，覆盖干膜，经曝光、显影，再进行电镀，形成所需金属线路（光刻与电镀工艺结合）。

④ **DBC（直接覆铜陶瓷基板）：**利用铜与氧在高温下形成的共晶液相，实现铜箔与陶瓷基板牢固结合的工艺，由于纯铜熔融体润湿性要求，主要用于Al_2O_3和AlN基板，无需中间粘合剂。

⑤ **AMB（活性金属焊接陶瓷基板）：**在洁净陶瓷基板上涂覆Sn-Ag-Ti或Ag-Cu-Ti焊料，贴合铜箔后置于800–950℃真空环境中熔化，冷却后形成稳固连接，再通过湿法刻蚀制作金属图案，以满足大功率器件的电气连接需求。

➢ 三维金属化工艺

① **HTCC（高温共烧陶瓷基板）：**将Al_2O_3或AlN陶瓷粉与有机黏结剂混合成膏状浆料，经刮刀流延、干燥制成生胚；再按线路层设计钻导通孔，用丝网印刷金属浆料完成布线和填孔；随后将各层生胚叠压，置于1600℃高温炉中烧结成型。由于烧结温度高，导电金属只能选用 W、Mo、Mn 等耐高温但导电性较差的材料，因此制作成本较高。

② **LTCC（低温共烧陶瓷基板）：**制备工艺与HTCC类似，区别在于LTCC 在陶瓷浆料中加入一定量玻璃粉以降低烧结温度（共烧温度降至 850℃），同时可选用 Cu、Ag、Au 等导电性良好的金属制备浆料。

来源：《电子封装陶瓷基板及其金属化工艺》、中国电子元件行业协会、BEST、CHINA WELDING、电子工程专辑、中泰证券研究所

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

仅供内部参考，请勿外传

1.2 陶瓷基板工艺分类与性能比较

图表：陶瓷基板工艺分类与性能比较

工艺	金属化方式	铜层厚度	最小线宽/线距	基板材料	烧结/键合温度	多层结构能力	优势	劣势	气密性	主要应用领域
DPC（直接电镀铜）	溅射种子层+电镀铜	1-70 μm	20-50 μm	氧化铝（Al_2O_3）、氮化铝（AlN）、氧化锆（ZrO_2）	室温（溅射工序）	否（单面或双面）	对位精准、无烧结收缩差异问题，可制作10-50um线路	铜层仅3-5um，需要电镀加厚	否	LED、传感器、射频混合集成电路
DBC（直接键合铜）	铜箔直接键合	127-635 μm	150-200 μm	氧化铝（Al_2O_3）、氮化铝（AlN）	约1065℃	否（单面或双面）	对位精准、无烧结收缩差异问题	覆铜解析大、需加工处理	否	功率模块
AMB（活性金属钎焊）	铜箔钎焊	127-800 μm	150-250 μm	氮化硅（Si_3N_4）、氮化铝（AlN）、氧化铝（Al_2O_3）	约850℃（真空环境）	否（单面或双面）	对位精准、无烧结收缩差异问题，可制作10-50um线路，适合大功率芯片封装	铜层仅3-5um，需要电镀加厚，成本较高	否	电动汽车/牵引逆变器
TFC（薄膜陶瓷基板）	磁控溅射、真空蒸镀、电化学沉积等	一般小于1μm	可小于10μm	氧化铝（Al_2O_3）、氮化铝（AlN）	600-800℃	否（单面或双面）	布线精度高，金属层厚度可控，金属陶瓷间结合强度高	图形精准度低，线面平整度不佳，附着力不易控制	否	激光与光通信领域的小电流器件封装
TPC（厚膜印刷陶瓷基板）	丝网印刷	5-50 μm	100-300 μm	氮化硅（Si_3N_4）、氮化铝（AlN）、氧化铝（Al_2O_3）	850-900℃	否（单面或双面）	循环次数远超DBC陶瓷基板，且不依赖于特定基板类型	印刷金属层内部存在的孔隙和杂质问题导致金属层电阻增大	否	汽车电子等电子器件封装领域
HTCC（高温共烧陶瓷）	钨（W）或钼（Mo）浆料	烧成后8-15 μm	75-125 μm	氧化铝（Al_2O_3），部分采用氮化铝（AlN）	1500-1600℃	是（10-60层以上）	工艺成熟，导热率较高	对位精度差、线路表面粗糙、成本偏高	是	军用电子封装
LTCC（低温共烧陶瓷）	银（Ag）或金（Au）浆料	烧成后8-15μm	75-100 μm	玻璃陶瓷	850-900℃	是（10-50层以上）	工艺成熟，成本较低	对位精度差、线路表面粗糙	是	射频/毫米波模块

来源：AluminaPCB、《电子封装陶瓷基板及其金属化工艺》、MITSUBOSHI、中国电子元件行业协会、粉体圈、中泰证券研究所

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

仅供内部参考，请勿外传

中泰证券 ZHONGTAI SECURITIES

2

氮化铝基板：AI算力需求催生新机遇，稀土管制加速本土一体化布局

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

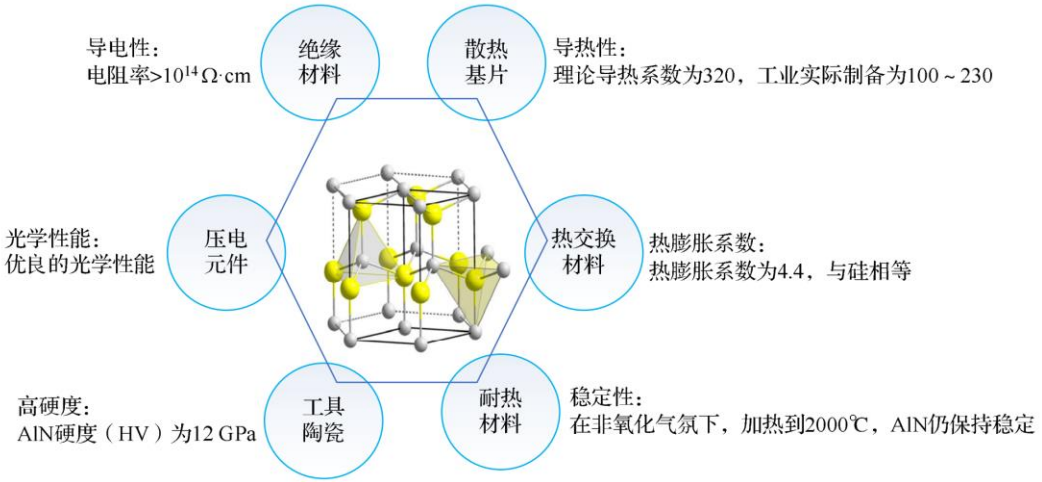
中泰证券 ZHONGTAI SECURITIES

2.1 AIN陶瓷：热导率与热膨胀系数是核心优势

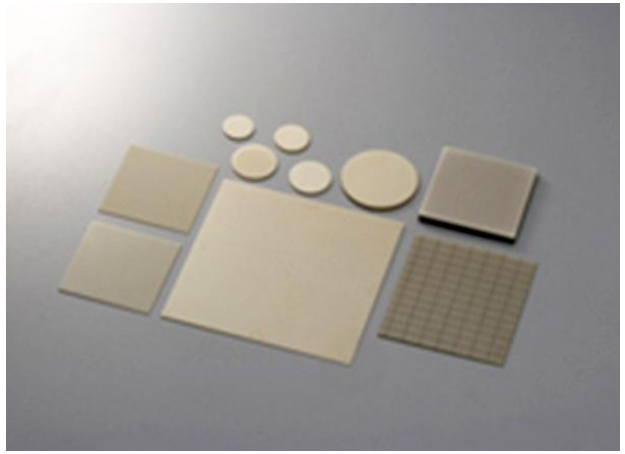
■ 随着封装设计要求愈发严苛，当前基板材料除基础机械支撑之外，还必须同时满足高效导热、电气绝缘、热膨胀匹配等多重条件，**氮化铝(AIN)陶瓷基板凭借高导热、高绝缘、与硅热膨胀系数适配等综合优势，已成为高热流密度电子及光电封装基板的优先选择。**AIN陶瓷主要具备五大优势：

- ①热导率是Al_2O_3材料的5倍以上，纯净AIN晶体室温热导率高达320W/(m·k)（理论热导率），实际生产的AIN最高热导率可达285W/m·K左右，一般已经商业化、市场销售的样品热导率多在150~180W/m·K之间，较优品质的为200W/m·K左右，能够有效控制芯片温度；
- ② 热膨胀系数与硅材料相匹配，且随温度变化的趋势与Si、GaAs等半导体芯片相似，避免了热应力导致的芯片开裂和分层失效；
- ③ 优良的电绝缘性，且介电常数与损耗均较低，适用于高频、高功率器件；
- ④ 机械性能优良，可对其进行多层布线；
- ⑤ 二次电子发射系数较低，当发射能量为5~20 KeV时，其发射系数约为1，是功率真空电子器件输出窗的优选材料。

图表：氮化铝材料性能优势



图表：氮化铝陶瓷基板实物图



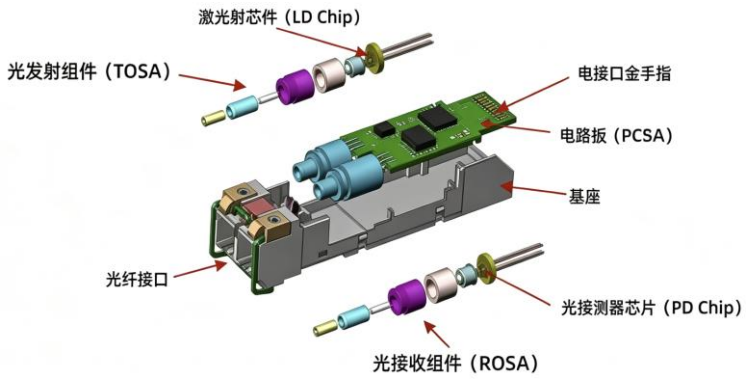
来源：日本丸和官网、《氮化铝粉体制备技术研究进展及展望》、中泰证券研究所

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

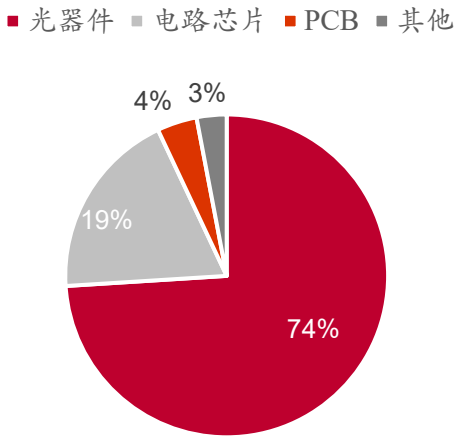
2.2.1 AIN陶瓷基板AI应用场景一：光模块

- 光模块原材料主要包括光器件、电路芯片、PCB及其他等，其中光器件是最主要的组成部分，约占光模块总成本的74%。光器件内部，光接收组件（ROSA）和光发射组件（TOSA）合计约占其成本的80%，两者均为有源光器件，功能核心由光芯片构成，其余则为光学滤波器、尾纤等其他光器件。进一步看，光芯片（含光探测器芯片与激光器芯片）约占光器件总成本的50%；若仅看 TOSA 与 ROSA，光芯片约占两者总成本的85%。
- **AIN陶瓷基板成为解决光模块散热瓶颈的核心载体。**随着AI数据中心高速互连需求增长，800G/1.6T光模块在狭小封装空间内实现元器件高密度集成，造成局部热量集聚，基板除机械支撑外，高效导热日趋重要。**400G功耗普遍在8-12W区间**，Al_2O_3陶瓷或BT树脂基本满足散热需求。**800G功耗普遍升至15-20W**，部分长距及高功率硅光模块功耗逼近30W，为应对高密度部署的散热挑战，谷歌、Meta等头部云厂商已在高端型号（尤其是长距和硅光方案）中批量导入AIN。**1.6T光模块散热成为核心瓶颈，模块功耗预计跃升至25-30W以上**，热流密度呈指数级增长，基于现有成熟量产工艺，AIN凭借其极高的导热系数，已成为满足1.6T散热需求的行业主流标配方案，可将光芯片结温控制在60℃以下，较传统基板散热效率提升5倍以上，且暂无性价比相当的替代选择。

图表：光模块内部结构图



图表：光模块成本构成



图表：从400G到1.6T氮化铝的应用价值持续提升

数据速率	材料趋势	应用说明
400G及以下	氧化铝（Al_2O_3）仍具有成本和工艺成熟度优势	对于功率密度相对较低的应用，氧化铝仍是常见的材料选择。
800G	氮化铝（AIN）成为关键的高导热材料	随着模块功耗和热密度上升，对散热及高频信号完整性的要求提高，推动氮化铝（AIN）更广泛地采用。
1.6T/3.2T	氮化铝（AIN）的重要性持续提升	更高的集成度和更高的热流密度对导热性、电绝缘性和热膨胀匹配提出了更严格的要求，进一步推动氮化铝（AIN）在下一代光模块中的应用。

来源：innovacera官网、半导体芯链、中泰证券研究所

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

仅供内部参考，请勿外传

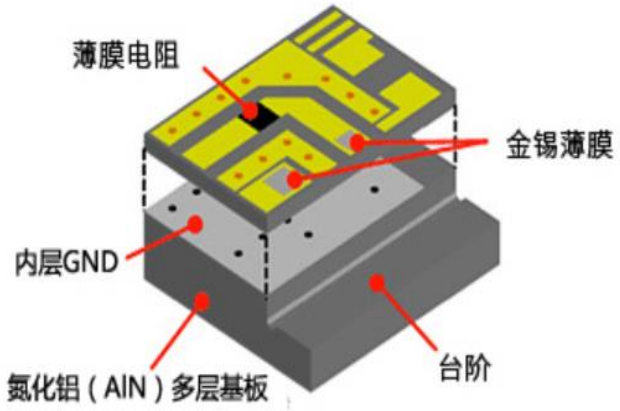
2.2.1AIN陶瓷基板AI应用场景一：光模块

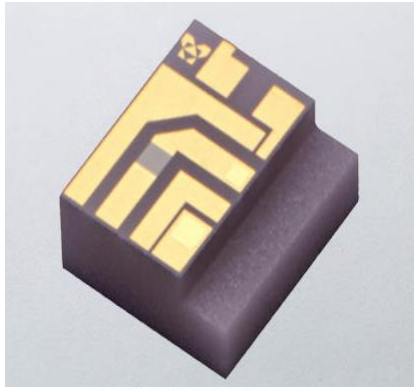
■ **目前光模块中典型AIN陶瓷产品有陶瓷承载基板、TEC冷却片等，核心是利用AIN的高导热率、高绝缘性及低损耗性。**

➢ **光模块陶瓷承载基板包含LD激光二极管基板、PD光电探测器基板、TIA封装基板以及SiP系统级基板。**其中

- LD激光二极管基板用于光发射组件（TOSA）中激光二极管的贴装与散热，为激光器芯片（LD/EML）提供稳定的热传导路径，有助于降低温升对器件性能的影响；
- PD光电探测器基板用于光接收组件（ROSA）中光电探测器的贴装，为光电探测器芯片（PD）提供良好的热稳定性和机械支撑；
- TIA封装基板用于跨阻放大器等高速信号器件的封装，在满足散热管理要求的同时，支持高频电气性能；
- SiP系统级基板面向高度集成的光模块设计，可结合多层陶瓷工艺，将散热管理、封装和内部电气互连集成于一体。

图表：激光二极管（LD）陶瓷基板示意





来源：京瓷官网、中泰证券研究所

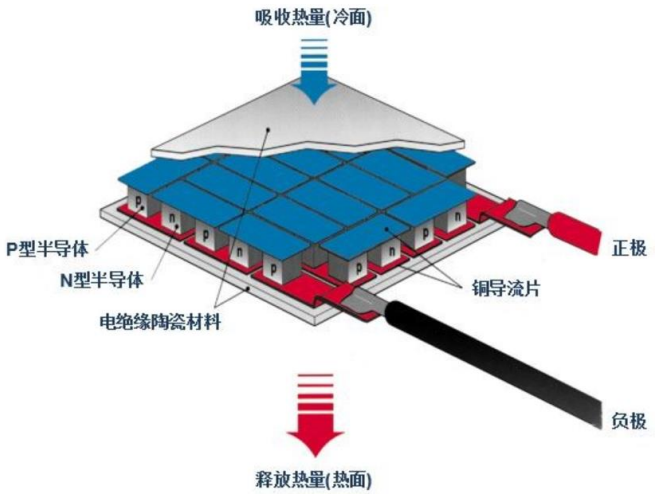
Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

中泰证券 ZHONGTAI SECURITIES

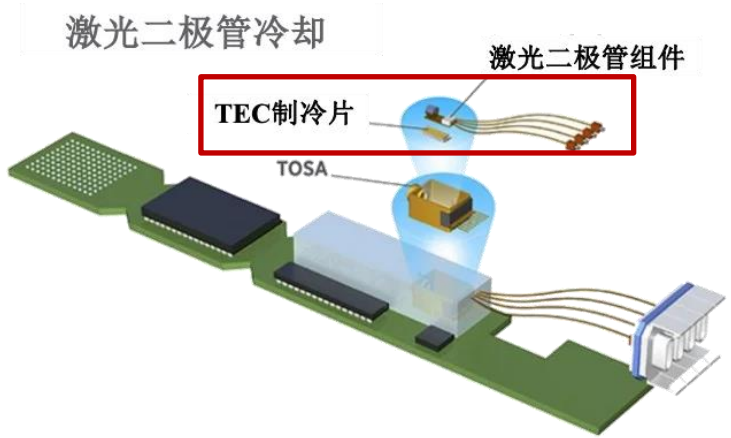
2.2.1AIN陶瓷基板AI应用场景一：光模块

- **TEC是光发射组件（TOSA）内部的核心温控器件，依托珀尔帖效应实现控温。**传统TEC为三明治结构，上下为陶瓷基板，中间排布P/N型碲化铋热电晶粒，通电后冷端吸热、热端放热。激光器芯片对温度极为敏感，发射波长会随温度变化发生漂移，以DFB激光器为例，其波长-温度漂移系数约为0.1nm/℃，微小的温度波动即可导致波长偏移，因此激光器芯片下方除配置AIN陶瓷基板快速导热外，还需搭载Micro TEC实现精准控温。
- TEC在光模块中的集成方式主要有传统分离式封装（TO-CAN、BOX）、一体化封装等方案。分离式封装中Micro TEC置于金属热沉槽位，激光器芯片贴装于氮化铝基板后再放置在TEC冷端，热端贴合金属热沉，热量沿“LD→氮化铝基板→TEC冷端→TEC热端→金属热沉→外壳”传递，器件依靠引线键合接通驱动电路，该方案结构清晰，但装配工序多且存在界面热阻。一体化封装则将Micro TEC直接集成于TO同轴封装内部，和激光芯片、氮化铝基板形成紧凑整体，传热路径大幅缩短，相较分离式封装热阻降低30-40%、体积缩减约40%，同时焊点与引线数量减少，散热效率与器件可靠性得到提升。

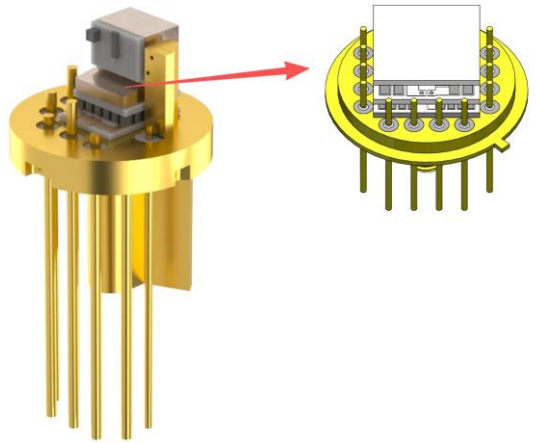
图表：传统TEC冷却片结构示意



图表：传统分离式封装示意



图表：TO一体化封装示意



来源：TECooler、电子工程世界、艾邦制造、中泰证券研究所

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

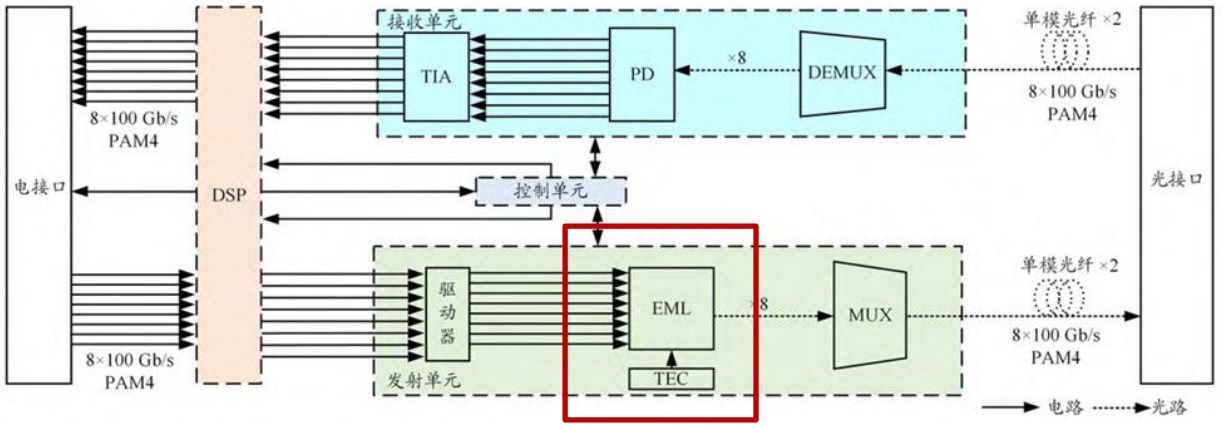
2.2.1AIN陶瓷基板AI应用场景一：光模块

- **目前光模块中，氮化铝陶瓷材料主要应用于TOSA部分，其用量与技术路径高度相关。**当前主流的发射端方案有电吸收调制激光器（EML）和硅光集成两种。其中，EML技术方案基于电吸收调制原理，通过激光器和调制器的协同工作实现高速光信号调制；硅光方案则基于成熟的硅基半导体工艺，在发射端采用单片集成技术，将调制器和多路复用器高度集成，简化了制造工艺，同时采用外置连续波长激光器设计，无需使用TEC进行温控。

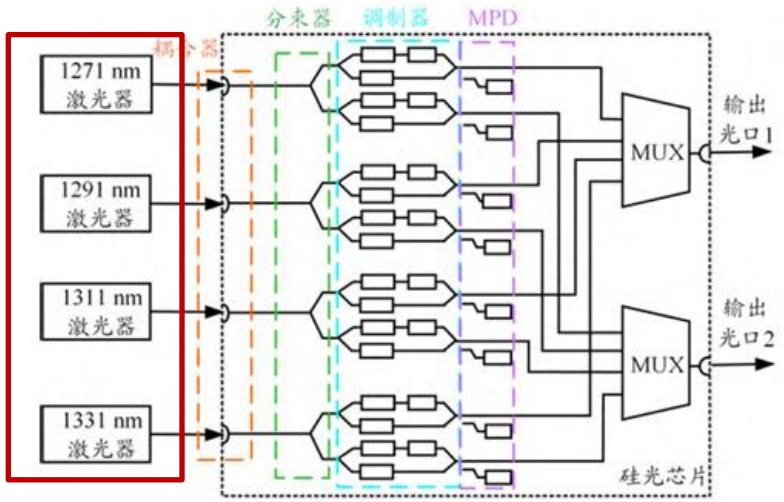
- **EML方案中，**陶瓷基板主要涉及两项应用，一是每颗光芯片下方配置一片作为载板，核心利用其高导热性快速散热；二是每个光芯片搭载一个Micro TEC实现精准控温。以1.6T光模块为例，EML方案主流采用200G×8通道架构，对应8颗EML光芯片，则AIN陶瓷载板用量为8片；此外Micro TEC目前有单片/双片AIN两种方案，对应AIN陶瓷基板用量分别为8片或16片。综合计算，1.6T EML方案中AIN陶瓷基板的总用量为16~24片。

- **硅光方案中，**由于激光器外置，耐温性提升，省去Micro TEC辅助控温，只需要配置AIN基板作为激光器载板，目前1.6T 硅光方案中激光器数量为4个，对应AIN陶瓷基板为4片。

图表：800G 2×FR4 EML技术方案结构图



图表：800 Gb/s 2×FR4 硅光技术方案



来源：《800 Gb/s 2×FR4 硅光模块技术方案》、中泰证券研究所

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

中泰证券 ZHONGTAI SECURITIES

2.2.1 光模块场景：AIN陶瓷基板需求测算

- 仅考虑800G及1.6T光模块的情形下，据测算，2026、2027年AIN基板（包含TEC冷却片用陶瓷基板）总需求量分别为5.94、8.96亿块，2027年需求量同比增长50.84%；对应市场规模分别为7.50、13.18亿美元，2027年市场规模同比增长75.73%。后续随着 3.2T 及更高速率光模块逐步规模化落地，算力场景下芯片散热需求进一步提升， AIN基板市场空间有望继续上行。
- **核心假设：**

（1）光模块出货：主要考虑800G、1.6T两类产品，2026-2027年800G、1.6T出货量参照高盛预测数据。

（2）单模块基板用量：据专家口径，EML方案中，800G/1.6T为8个独立通道，匹配TOSA及Micro TEC，单模块共耗用约24块陶瓷基板；硅光方案中，800G/1.6T陶瓷基板用量降至4块。

（3）硅光方案渗透率：假设800G光模块中硅光方案渗透率为20%；1.6T光模块硅光方案渗透率2026-2027年分别为50%、60%。

（4）AIN基板渗透率：考虑到更高代际光模块AIN渗透率不断提升，以及Micro TEC目前有单片/双片AIN两种方案，假设800G光模块中AIN渗透率为30%，1.6T光模块AIN渗透率为70%。

（5）单模块基板价值量：据专家口径， EML方案中，800G基板价值量为20美金，1.6T基板因单通道功耗翻倍需转向更高阶氮化铝及DPC/TFC工艺，单模块基板价值量提升至25美金；硅光方案，800G总用量降至4块，价值约14美金，1.6T因发热密度提升，价值量升至18美金。

图表：光模块用AIN陶瓷基板需求量及市场空间测算

			2026E	2027E
光模块出货量（万只）	800G		4539	4948
	1.6T		3283	7136
单模块陶瓷基板用量（块）	EML方案	800G	24	24
		1.6T	24	24
	硅光方案	800G	4	4
		1.6T	4	4
硅光方案渗透率	800G		20%	20%
	1.6T		50%	60%
氮化铝基板渗透率	800G		30%	30%
	1.6T		70%	70%
氮化铝基板需求量（亿块）	800G		2.72	2.97
	1.6T		3.22	5.99
	合计		**5.94**	**8.96**
单模块陶瓷基板价值量（美金）	EML方案	800G	20	20
		1.6T	25	25
	硅光方案	800G	14	14
		1.6T	18	18
氮化铝基板市场空间（亿美金）	800G		2.56	2.79
	1.6T		4.94	10.39
	合计		**7.50**	**13.18**

来源：高盛、财联社早知道、中泰证券研究所

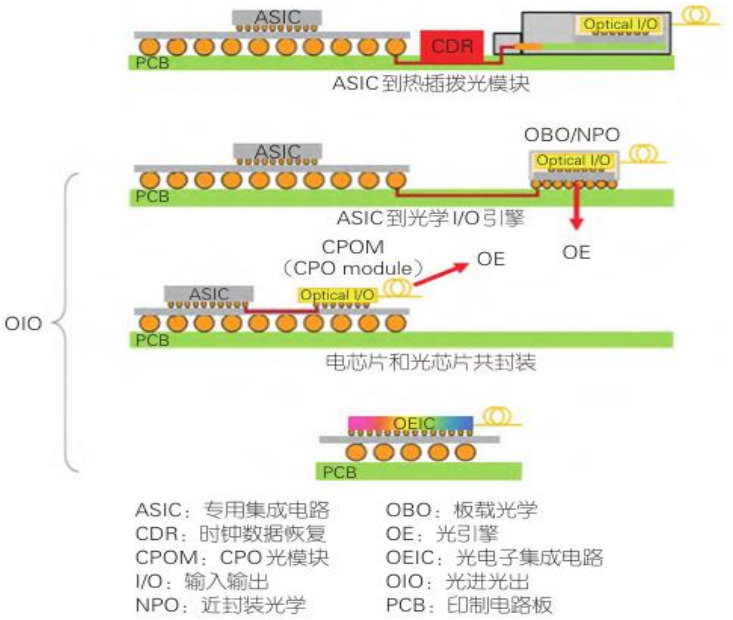
Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

仅供内部参考，请勿外传

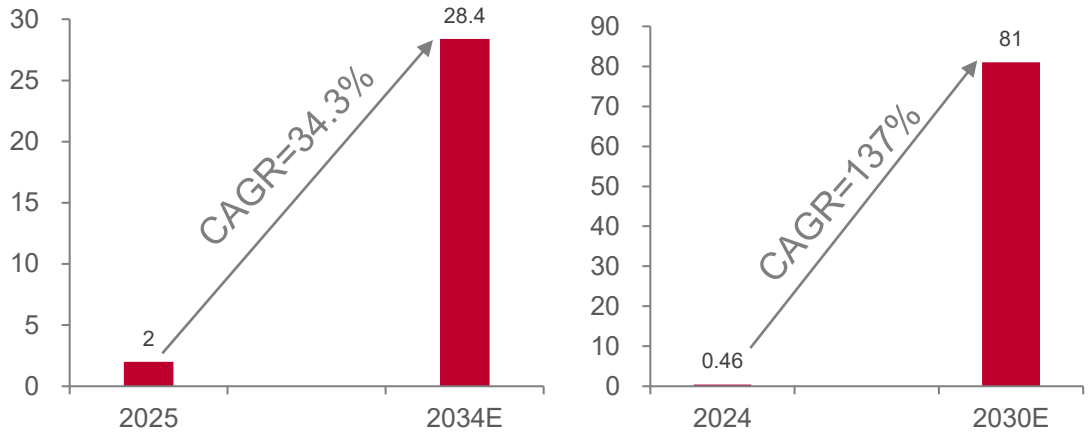
2.2.2 AIN陶瓷基板AI应用场景二：CPO/NPO

- **随着AI算力集群对高速互联的需求持续攀升，NPO作为可插拔与CPO之间的过渡方案，正加速走向产业化。**当前主流光互联方案以可插拔模块为主，交换/计算芯片（ASIC芯片）与光模块之间存在较长电气通道；随着数据的传输速率突破800 Gbps，传统可插拔光学系统与ASIC基板之间的电气链路，已成为影响信号信噪比、功耗以及带宽的核心限制。NPO近封装光学是介于传统可插拔光模块与CPO共封装光学之间的过渡技术路线，核心思路是把光引擎（OE）布置在距离交换机ASIC尽可能近的位置，以此缩短电信号传输路径；区别于CPO，NPO的光引擎与ASIC并不封装在同一个封装体内。该方案可实现30%-40%的功耗降低，同时具备落地成本优势，华为、阿里、腾讯、微软、亚马逊、Meta等企业均在积极推进技术布局，预计2027年NPO有望迎来规模化放量。据Market Intelo，2025年全球数据中心NPO方案市场规模约为2亿美元，预计到2034年将增长至28.4亿美元，CAGR为34.3%。
- **CPO技术优势突出，逐步进入高速成长期。**CPO共封装光学核心是借助先进封装技术，将光引擎与ASIC芯片集成至同一基板。CPO技术可实现各模块间的互连长度及射频损耗最小化，目前已逐渐成为英特尔、博通、思科、台积电等全球科技巨头重点布局的下一代互连方案。据Yole与IDC预测，全球CPO市场规模将从2024年的4600万美元飙升至2030年的81亿美元，CAGR高达137%；2026年渗透率约0.55-5%，2028年有望突破8%进入放量周期。

图表：CPO/NPO封装示意图



图表：全球NPO（左图）/CPO（右图）市场规模预测（单位：亿美元）



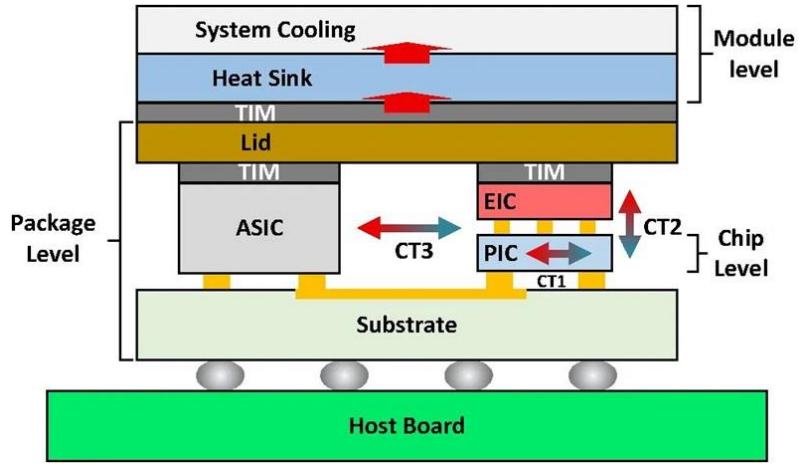
来源：《数据中心光模块技术及演进》、中国电子元器件学会、Market Intelo、中泰证券研究所

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

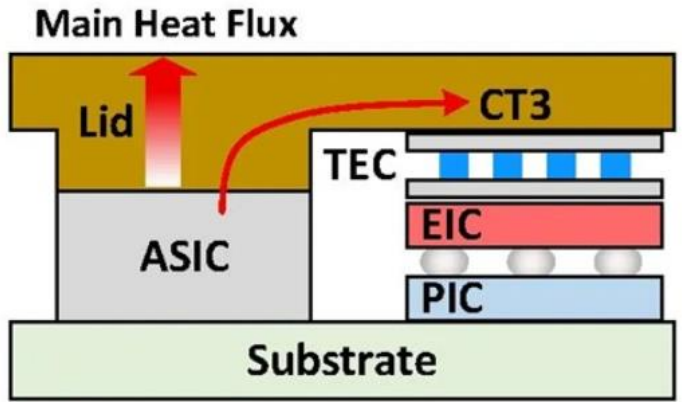
2.2.2AIN陶瓷基板AI应用场景二：CPO/NPO

- **随着光互联架构从可插拔向CPO/NPO演进，高密度集成带来的热管理难题日益突出，成为制约产业化的关键瓶颈。**CPO将激光器、微环谐振腔等温度敏感的光电器件与高功耗ASIC紧邻集成；交换芯片功耗可达750W，热流密度高至120W/cm²，共封装后局部热流密度进一步抬升，引发激光器波长漂移、光功率衰减、微环谐振峰偏移等问题，造成热耦合与信号串扰，最终导致系统性能劣化。从可靠性看，激光器失效是光模块宕机的首要诱因，占比约90%；75℃工况下激光器5年失效率较25℃提升约40倍，热效应已成为制约CPO可靠运行的关键因素。NPO方案类似，光引擎与ASIC虽分置于不同封装体内，但距离大幅缩短，ASIC热量仍会传导至光引擎，且通道集成度更高、单位面积热流密度更大，热管理挑战同样严峻。
- **TEC冷却片成为CPO/NPO热管理核心配套方案。**TEC冷却片是业内有效解决激光器温度控制难题的主流技术路线之一，可实现0.0005℃的温度控制精度。以CPO为例，高功耗ASIC计算芯片的热量会向相邻的EIC/PIC传导（图中红色双向箭头CT3），而使用Micro TEC后，可在EIC/PIC处建立独立温控回路，抵消来自ASIC的热干扰，有效满足CPO高密度集成的温控需求。NPO架构下TEC的作用逻辑相同，只是热源与光引擎的相对位置不同。AIN基板是TEC冷却片不可替代的散热与结构承载材料，CPO与NPO产业化浪潮下TEC需求放量将直接拉动氮化铝基板需求，未来应用空间广阔。

图表：CPO模块示意图（黄色高亮部分为热串扰及分层冷却管理）



图表：CPO模块中TEC散热示意



来源：《共封装光学器件的热管理：从器件、封装到系统的协同优化，突破下一代光互连核心瓶颈》、中国粉体网、中泰证券研究所

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

中泰证券 ZHONGTAI SECURITIES

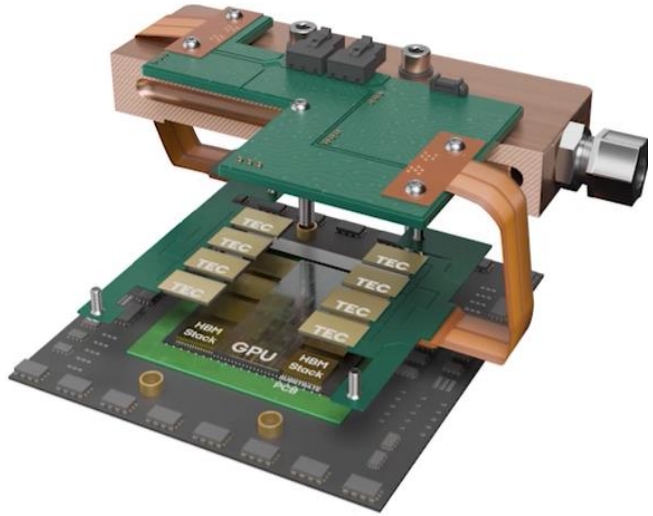
2.2.3AIN陶瓷基板AI应用场景三：GPU配套HBM

■ **高算力下HBM面临严峻热管理压力。**AI高速发展推动GPU性能提升至全新高度，高带宽内存（HBM）成为满足大算力场景海量数据吞吐需求的核心。但随着HBM堆叠密度持续提升、工作功耗不断走高，温度已成为直接决定内存访问时延、信号完整性、误码率及器件长期可靠性的核心变量。当温度超过约85℃时，DRAM漏电流激增导致刷新率被动提高，拖累有效带宽并增加延迟；当温度接近100~105℃时，HBM会触发保护性降频，从而制约GPU性能。

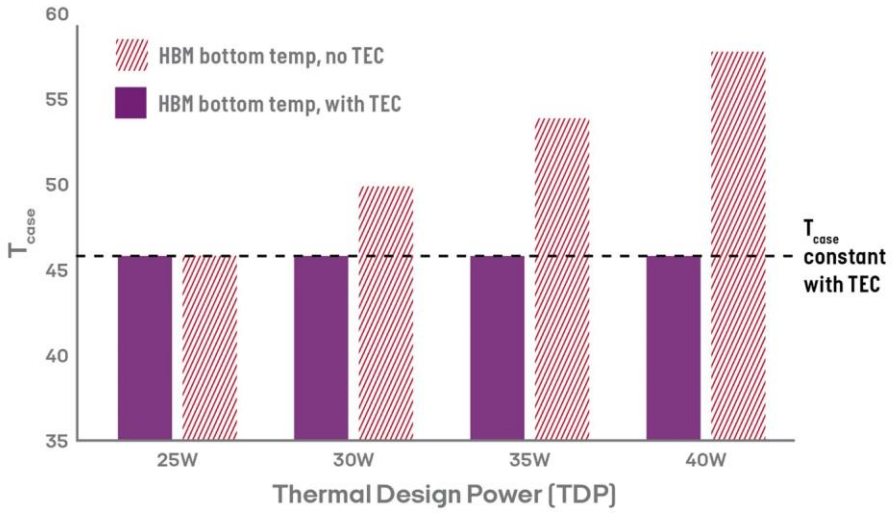
■ **TEC正成为下一代GPU配套HBM热管理的重要技术路径。**

- 其一，TEC可实现精准的局域温控，主动带走HBM 堆栈的局部热点热量，区别于被动与全域散热手段，能够维持内存芯片之间的温度均匀性。
- 其二，TEC具备低于环境温度的制冷能力，在高密度AI系统中，可将HBM工作温度降至环境温度以下，有效抑制漏电流、提升能效并延长器件寿命。
- 其三，TEC拥有优异的形态适配性，HBM高度集成于2.5D/3D等先进GPU封装内部，留给传统散热方案的空间十分有限，TEC可布置在存储堆栈周边或正下方完成高效导热，无需对封装架构做大幅改动。
- 其四，TEC属于固态器件，无运动部件与流体结构，维护成本低、长期可靠性高，还可依据负载动态调节制冷功率，适配 AI 训练与推理任务波动剧烈的热负荷。

图表：TEC在GPU配套HBM热管理示意



图表：在维持器件外壳温度不变条件下，有无 TEC 效果对比



来源：Phononic官网、中泰证券研究所

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

2.2.4 AIN陶瓷基板AI应用场景四：PCB

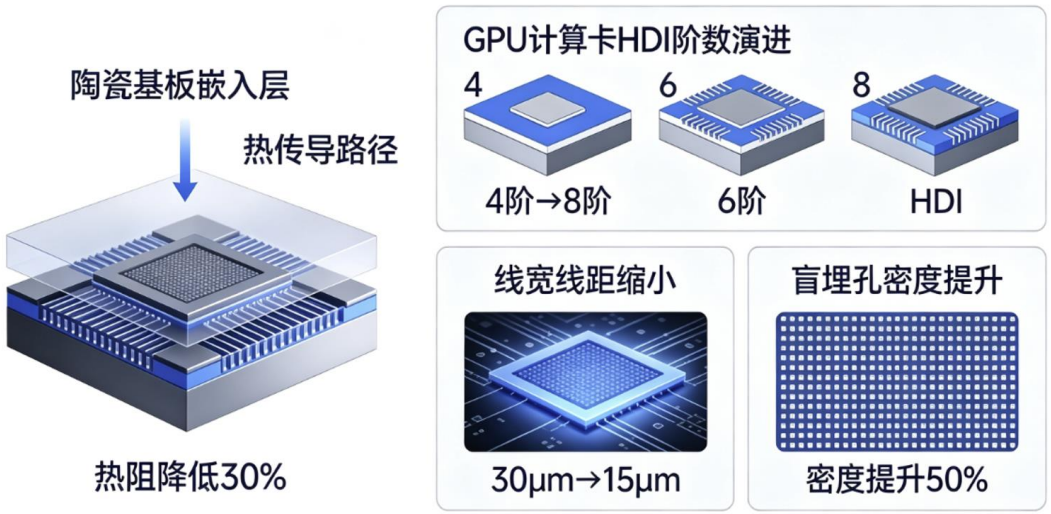
■ **算力功耗持续突破材料边界，陶瓷混压方案成为最优解。**随着AI模型从训练走向大规模推理部署，算力需求指数级爆发，Rubin GPU功耗已达2850W，Rubin Ultra版本更是突破3000W。超高功耗下，传统风冷失效，常规FR-4有机基板在高温下易熔化、变形，无法保障高频信号传输的稳定性与完整性，高导热陶瓷基板由此从可选材料升级为AI算力硬件的刚需材料。当前的技术路线是在HDI（高密度互联）板中采用PCB与陶瓷基板的混压方案，即在高热流、大电流的核心区域依托陶瓷基板补强性能，在常规布线区域保留PCB的成本优势，实现性能、可靠性与经济性的最优平衡。

■ 根据艾邦陶瓷展，在AI服务器场景中，陶瓷基板主要有两方面应用：

- **GPU底部：**该区域使用的陶瓷基板成本是HDI PCB的18-20倍。采用混压方案后，仅在高发热区域局部使用，可使整体板卡的价值量提升30%-35%。
- **正交背板区域：**此处陶瓷基板成本约为普通PCB的8-10倍。在电源层和地层进行局部替换（通常为2-3层），混压后的整体板卡价值量可提升20%-25%。

■ 整体来看，目前陶瓷基板在AI服务器板材中渗透率已接近30%，持续替代传统PCB，其中约60%的替代目的是提升散热能力，40%是为保障高频信号传输的完整性，且伴随GPU功耗持续走高，其替代比例有望不断提升。而在更前沿的CoWoS（CoW-P）封装场景中，技术方案进一步升级：将原本6-8层ABF载板的中间核心层，替换为通过HTCC工艺烧结而成的多层陶瓷基板，外部再压合ABF载板，最终形成“陶瓷核心层+4层ABF”的混合结构。在此结构下，陶瓷基板占混压后载板总价值的65%-70%，ABF占30%；整体载板采购成本相比纯ABF方案提升70%-80%，但可彻底解决ABF多层堆叠后易产生的板翘和流胶问题。

图表：AI服务器PCB与陶瓷基板混压方案



来源：艾邦陶瓷展、半导体芯链、中泰证券研究所

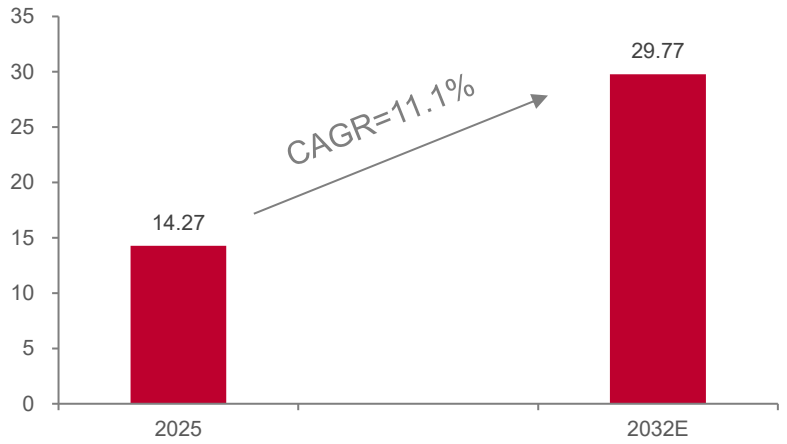
Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

仅供内部参考，请勿外传

2.3全球AIN陶瓷基板2025-2032年CAGR为11.1%

- **全球AIN陶瓷基板市场稳步扩容，下游高导热应用升级持续驱动需求增长。**据QYResearch，2025年全球AIN陶瓷基板市场规模约为14.27亿元，预计2032年将达到29.77亿元，CAGR约为11.1%。从应用结构看，LED仍是当前主要应用领域，2024年占比约58%；随着AI服务器、高速光模块、激光器及功率半导体等领域对高导热、绝缘及高可靠性材料的需求提升，光模块、功率半导体等高附加值场景占比将持续抬升，成为拉动AIN基板市场增长的核心增量。
- **全球AIN陶瓷基板日本积累深厚，中国产能加速扩张。**2024年全球前八大AIN基板厂商市场份额合计约81.8%，行业集中度较高。其中，海外主要厂商以日企为主，包括日本丸和、京瓷、东芝材料、TD Power Materials及电化等，在高导热陶瓷材料、精密加工及高端客户认证方面具备先发优势；国内主要厂商包括福建华清、无锡海古德、艾森达、国瓷材料及宁夏北瓷等。其中，福建华清电子技改项目建成后，可形成年产AIN陶瓷基板700万片、AIN粉体600吨的生产能力，并配套DBC基板200万片、AMB基板20万片；宁夏北瓷现有AIN基板产能300万片并设定400万片目标；宁夏艾森达AIN陶瓷基板产能约300万片/年；中瓷电子二期达产后年产能为100万片，且规划三期扩产后目标产能达150万片；国瓷材料子公司国瓷赛创二期扩产已完成，产能正逐步爬坡。

图表：AIN陶瓷基板市场规模预测（亿元）



图表：AIN陶瓷基板主要生产企业及产能

生产企业	产能
福建华清电子	AIN陶瓷基板700万片、AIN粉体600吨
宁夏北瓷	现有产能300万片，目标400万片
艾森达	300万片
中瓷电子	二期100万片，三期目标150万片
国瓷材料	国瓷赛创二期新厂房建设已完成，后续产能会逐步爬坡

来源：Global Information、QY Research、中泰证券研究所

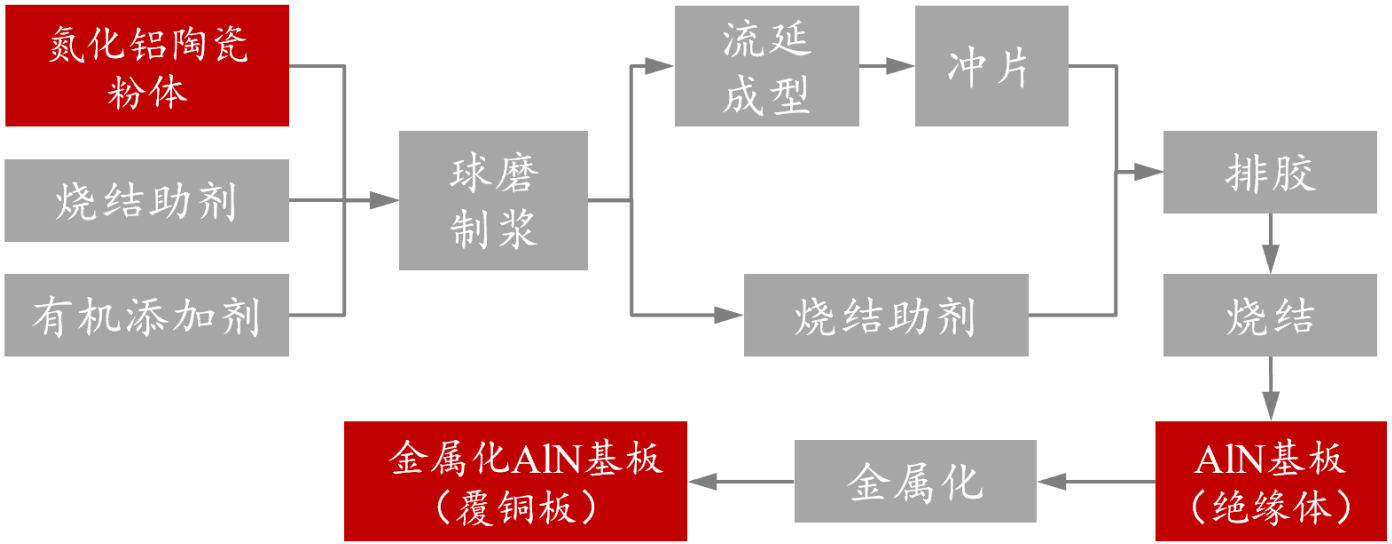
Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

仅供内部参考，请勿外传

2.4AlN陶瓷基板制备需经过“粉体-基板-金属化”流程

■ **氮化铝陶瓷基板完整制造流程可归纳为“粉体-基板-金属化”，制备依次经过球磨制浆、流延成型、排胶脱脂、高温烧结、基板精密后加工、表面金属化六大工序。**首先将AlN粉体、氧化钇烧结助剂与各类有机助剂球磨调配浆料；通过流延成型制备大尺寸、厚度可控的陶瓷生坯；素坯先在氮气氛围下预烧排胶，去除内部有机物，规避烧结翘曲、粘片等缺陷。由于AlN为共价键材料，致密化难度大，需添加稀土烧结助剂并在1800℃以上高温完成烧结，热压烧结是制备高导热AlN陶瓷的主流工艺。烧结后的基板经切割研磨精加工，再通过DPC等工艺完成表面金属化覆铜，制作导电线路；经过图形化、电镀与可靠性检测，最终得到可用于大功率器件的氮化铝陶瓷基板。

图表：氮化铝基板加工流程示意图



来源：艾邦陶瓷展，iTherM、《低温烧结氮化铝陶瓷烧结助剂的研究进展》、中泰证券研究所

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

仅供内部参考，请勿外传

2.5.1AlN粉体是制备高性能AlN陶瓷的基础

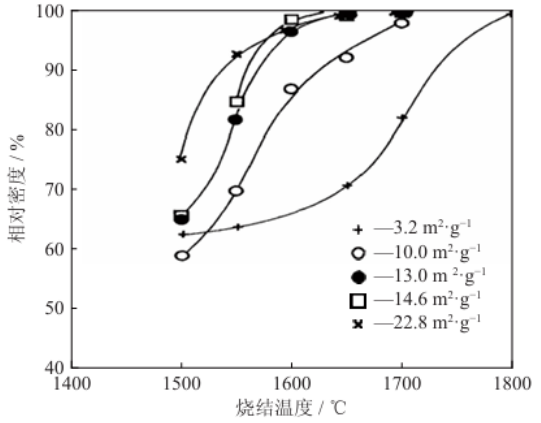
■ **高品级粉体是制备高性能AlN陶瓷的基础，粉体氧含量、纯度、粒度及分布等因素直接影响AlN陶瓷导热性能及制备效率。**

- **粉体氧含量：**氧含量是决定AlN热导率的核心指标。AlN粉体氧主要来自吸附于粉末表面的表面氧，以Al_2O_3+AlOOH混合物的形式包覆在粉末颗粒表面，粉体氧在烧结过程中易扩散进入AlN晶格，形成铝空位等大量结构缺陷，这些缺陷会产生声子散射，降低声子的平均自由程，进而恶化材料导热性能。当烧结体的氧含量增加时，热导率会显著下降，通常氧含量需控制在0.5%-1.0%范围内。
- **比表面积及粒径分布：**随着粉体粒度减小、比表面积提升，粉体表面能与烧结活性显著增强，可有效降低烧结温度、提升烧结致密化效率。针对高热导率AlN陶瓷制备，粉体除具备低氧杂质含量外，还需控制一次粒径处于亚微米级别，以此保障优异的烧结成型与导热性能。
- **其他杂质及含量：**除氧外，其他杂质也会固溶到AlN晶格中，导致AlN产生缺陷降低热导率。一般情况下，要求AlN粉体中Fe、Mg等金属杂质的总含量低于0.02%；除O外，Si、C等非金属杂质的总含量应低于0.10%。

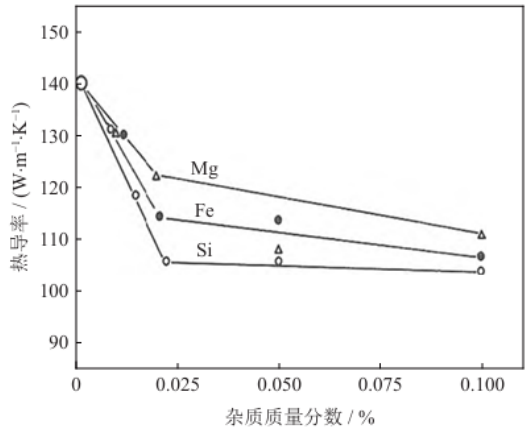
图表：不同氧含量的氮化铝粉末制备烧结体的热导率

原始粉体中氧质量分数 / %	烧结方式	添加剂	温度 / ℃	时间 /h	烧结体氧质量分数 / %	热导率 /(W · m⁻¹ · K⁻¹)
1	热压烧结	—	2000	3	0.9	80
8	热压烧结	—	2000	3	7.3	20
1	常压烧结	+	1900	3	0.26	131
3.7	常压烧结	+	1900	3	2.1	82

图表：不同粒径对AlN烧结行为的影响



图表：杂质含量对无压烧结AlN热导率的影响



来源：《高品级氮化铝粉体及其碳热还原氮化工艺研究进展》、中泰证券研究所

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

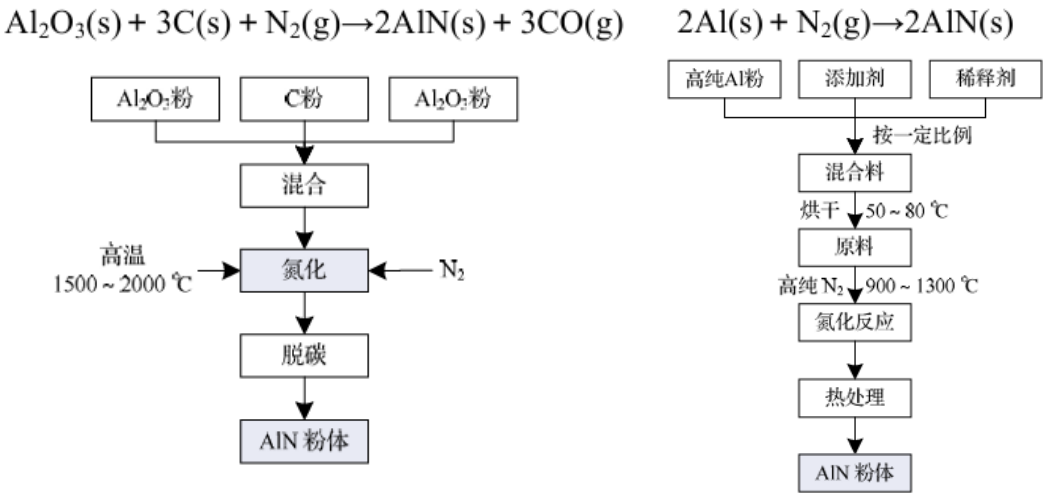
仅供内部参考，请勿外传

2.5.2碳热还原和直接氮化是工业化制备高端AlN粉体主流方法

- AlN粉体主要制备方法包括碳热还原法、直接氮化法、自蔓延高温合成法、化学气相沉积法和等离子体合成法，其中**碳热还原法和直接氮化法是工业化制备高端AlN粉体的主流方法。**

- **碳热还原氮化法：**以超细的Al_2O_3粉末和过量的高纯度碳粉为原料，经过球磨混合均匀后，在氮气氛围下，利用碳粉在1500-2000℃的高温下还原Al_2O_3，然后利用被还原出的铝粉与高温下的氮气发生氮化反应从而生成AlN粉末。碳热还原法典型代表是日本德山曹达和美国DOW；我国中电第43研究所和北京科技大学等相关研究团队目前基本掌握了碳热还原法制备AlN粉体的技术方法，在中低端AlN粉体的制备方面具备一定的批生产能力，尤其是北京科技大学研究团队成立的厦门钜瓷已经初步具备了生产与国外H级性能相当的AlN粉体的技术能力。
- **直接氮化法：**最早被应用于AlN粉体制备的技术方法，该方法在持续流动的N_2或氨气氛围下，利用900-1300℃的高温促使铝粉与N_2或NH_3生成AlN粉体。目前，日本东洋铝业公司和德国Starck已掌握该方法；我国北京有色金属研究院等在直接氮化法制备AlN粉体方面取得了一定研究进展，能够制备出中低端AlN粉体。

图表：碳热还原法（左）及直接氮化法（右）工艺流程



图表：AlN粉体主要制备方法及特点

制备方法	优点	缺点	典型代表
碳热还原法	原料来源广，适合规模化生产，合成的粉体纯度高、性能稳定、粒度细小均匀、易于成型烧结	需二次脱碳，成本较高，生产效率较低	日本德山曹达、美国 DOW、中电 43 所、北京科技大学等
直接氮化法	设备简单、成本低、周期短、产量大，适用于大规模生产	需提高 Al 粉氮化速度和转化率，并消除AlN粉末团聚	日本东洋铝业、北京有色金属研究院等
自蔓延高温合成法	设备简单、反应速度极快、成本低廉，适用于工业化生产	反应过程难以控制，粉体粒径大、纯度低	北京钢铁研究总院、施诺瑞新材料科技有限公司等
化学气相沉积法	工艺可控，能制备高纯度纳米级粉体	生产效率不高、产能低，且使用烷基铝价格昂贵，不适合工业化批量生产	不适宜工业化应用
等离子体合成法	反应速度快、团聚少、比表面积大、粒径小，产品性能优良	含氧量高、颗粒形貌不规则，且设备要求高、能耗大、产量低	中科院、四川大学、合肥开尔纳米材料有限公司等

来源：《氮化铝粉体制备技术研究进展及展望》、中泰证券研究所

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

仅供内部参考，请勿外传

2.5.3AlN粉体供给端：日美长期垄断，国产替代加速

■ **日美企业技术长期领先，国产替代加速突破。**目前高端AlN粉体制备技术主要被日本、美国、德国等发达国家垄断，并进行严格技术封锁，典型龙头企业有日本德山曹达、日本东洋铝和美国Surmet等公司，其AlN粉体具有纯度高、粒度均匀性好、烧结性能好、收缩一致性好等优点，占据全球90%市场份额；其中日本德山采用碳热还原氮化法生产AlN粉体，粉体质量好，出货量最大，占据着全球70%以上高端AlN粉末市场，2026年德山计划对AlN粉体再进行30%的产能扩建。近年来国内AlN粉体制备技术也取得了较大的进展，主要生产企业有厦门钜瓷、中电43所、宁夏艾森达、百图高新和福建臻璟等。

图表：国内外企业 AlN 粉末性能指标对比

生产厂家	级别	化学成分（质量分数）/%		杂质含量/($\times10^{-6}$)			比表面积/($m^2\cdot g^{-1}$)	平均粒径/μm	制造方法
		O	C	Fe	Si	Ca			
德山曹达	E	0.8	0.022～0.032	6	10	10	3.4	1	碳热还原法
德山曹达	H	0.8	0.013～0.027	10	25	200	2.6	1.2	碳热还原法
东洋铝	JC	0.9	—	15	30	0	2.8	1.2	直接氮化法
东洋铝	JD	0.9	—	15	30	200	2.8	1.2	直接氮化法
Surmet	A100	＜1.50	＜0.150	＜100	＜200	—	2.30～3.50	2.00～4.00	碳热还原法
钜瓷科技	M-S	0.70～0.90	0.024～0.032	＜10	＜10	＜10	2.60～2.80	0.70～1.00	碳热还原法
钜瓷科技	M-G	0.60～0.90	0.020～0.030	＜10	＜30	80～140	2.50～2.70	1.00～1.50	碳热还原法
宁夏艾森达	A-1	≤0.95	≤0.035	≤20	≤50	≤100	＞3.00	＜1.50	碳热还原法
宁夏艾森达	A-2	≤1.35	≤0.040	≤30	≤70	≤300	＞2.00	＜1.70	碳热还原法
百高新图	TA-1-C	0.89	≤0.050	≤10	≤20	≤20	3	0.93	碳热还原法
百高新图	TA-3-C	0.78	≤0.050	≤50	≤100	≤200	2.19	1.09	碳热还原法
福建臻璟	ZJYYF-01	≤0.80	≤0.050	≤20	≤50	≤250	≥2.50	1.05～1.35	碳热还原法

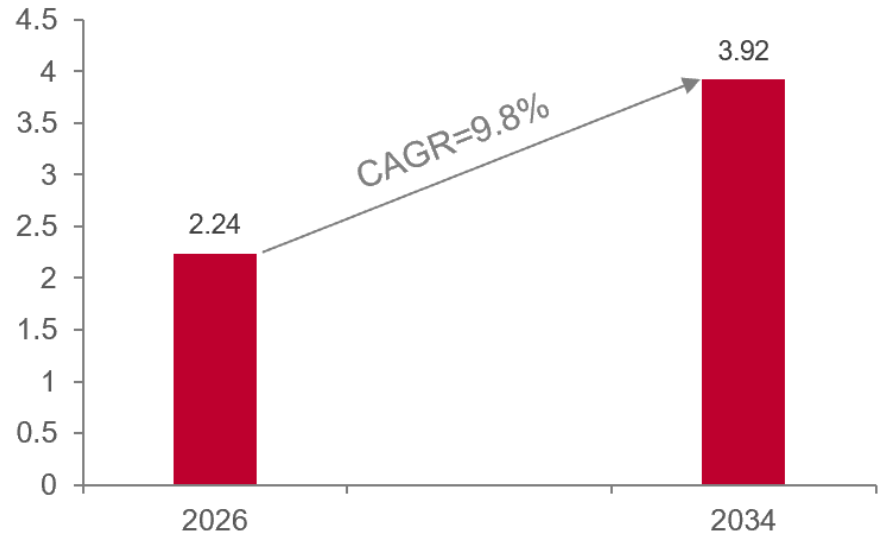
来源：德山官网、《高品级氮化铝粉体及其碳热还原氮化工艺研究进展》、中国粉体网、中泰证券研究所

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

2.5.4 AlN粉体需求端：2026-2034CAGR为9.8%

■ **全球AlN粉体市场持续增长，高端粉体需求快速扩张。**2026年全球AlN粉体市场规模预计2.24亿美元,至2034年将增长至3.92亿美元，CAGR为9.8%。从下游需求结构看，功率半导体封装基板是AlN粉体最大消耗领域，占总需求六成以上；SiC器件在200℃以上高温工作，对基板导热能力与热循环可靠性要求严苛，对应高端粉体目前供不应求。第二大方向为LED与激光器散热基板，伴随Mini/Micro LED量产落地，单位面积热流密度大幅上升，Al_2O_3基板性能接近上限，AlN渗透率持续提升。同时半导体设备精密陶瓷部件（静电卡盘、加热器等）正由Al_2O_3向AlN迭代，该场景对粉体金属杂质控制要求极高（Fe、Ca等杂质＜10ppm），当前产品仍依赖进口。目前高速光通信是需求弹性较强赛道，AlN基板已在800G高端光模块批量导入，1.6T及以上高速光模块更将其从备选方案变为标配，据测算，仅考虑800G及1.6T光模块的情形下，2026年陶瓷基板用高端AlN粉体需求约1349吨，2027年有望增至2092吨，同比增长55%。

图表：全球AlN粉体市场规模预测（亿美元）



图表：800G及1.6T光模块用AlN陶瓷基板需求量及市场空间测算

			2026E	2027E
光模块出货量（万只）	800G		4539	4948
	1.6T		3283	7136
单模块陶瓷基板用量（块）	EML方案	800G	24	24
		1.6T	24	24
	硅光方案	800G	4	4
		1.6T	4	4
硅光方案渗透率	800G		20%	20%
	1.6T		50%	60%
氮化铝基板渗透率	800G		30%	30%
	1.6T		70%	70%
氮化铝基板需求量（亿块）	800G		2.72	2.97
	1.6T		3.22	5.99
	合计		**5.94**	**8.96**
单个陶瓷基板氮化铝粉体用量（克）	800G		2.00	2.00
	1.6T		2.50	2.50
陶瓷基板氮化铝粉体需求量（吨）	800G		545	594
	1.6T		804	1498
	合计		**1349**	**2092**

来源：eefocus、Intelmarket Research 、中泰证券研究所

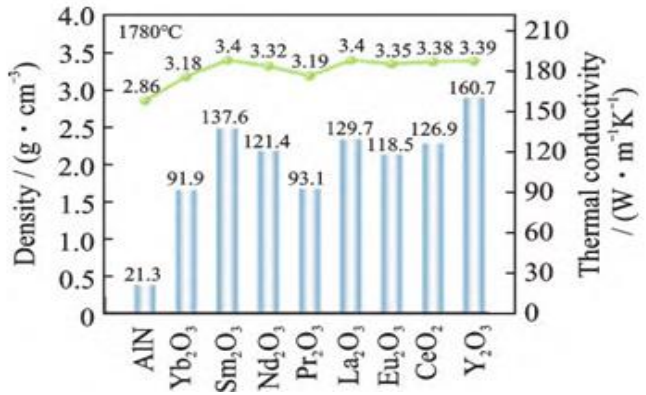
Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

中泰证券 ZHONGTAI SECURITIES

2.6稀土硬约束下国产AIN基板迎替代机遇，AIN粉体成重要一体化布局方向

- **氧化钇是氮化铝烧结过程中不可或缺的稀土烧结助剂。**氮化铝粉体中存在的氧杂质会以固溶体形式钉扎在晶格位点上，造成严重的声子点缺陷散射，导致氮化铝陶瓷实际热导率大幅降低，一般仅能达到100~260 $W \cdot m^{-1}K^{-1}$。而稀土氧化物可与氧杂质反应生成低熔点铝酸盐液相，推动氧杂质迁移、促进晶粒长大，从而实现氮化铝陶瓷性能改性。其中氧化钇（Y_2O_3）为主流烧结助剂，其能够和氮化铝表面的氧化铝快速反应，生成均匀分布的铝酸钇（$YAlO_3$）第二相，有效脱除晶格内部的氧，减弱声子散射，同时助力坯体实现接近完全致密化。
- **全球高纯氧化钇产能集中在国内，海外氮化铝厂商原料供给存在明显瓶颈。**2025年4月，中国商务部、海关总署发布《关于对部分中重稀土相关物项实施出口管制的公告》，将钐、钆、铽、镝、镥、钪及钇等7类中重稀土相关产品纳入出口许可证管理体系；2025年下半年以来，出口审查进一步趋严，许可证审批周期有所延长，稀土出口逐步从“总量管理”转向“精准管控”。稀土出口管控落地后，日系头部企业面临烧结助剂紧缺，产能受限、交期拉长，2026年4月中国对日钇出口量已跌至零，德山对华供货配额也随之收紧。**氮化铝粉体是制备高端氮化铝陶瓷基板的核心关键环节，上游粉体供应直接决定基板的产能、良率与交付能力，在此背景下，多家陶瓷基板企业向上延伸，布局氮化铝粉体自建产能，推进粉体-基板一体化布局。**

图表：添加不同烧结助剂样品的热导率与密度



图表：中国稀土出口相关政策

时间	事件
2025年4月4日	商务部、海关总署发布2025年第18号公告，对部分中重稀土相关物项实施出口管制，其中包含氧化钇（1C908.b）、金属钇、含钇化合物等
2026年1月1日	中国商务部正式收紧对日两用物项出口管制，氧化钇被纳入管制清单，对日重稀土近乎零放行
2026年1-2月	对日氧化钇、氧化镝等出口量同比骤减超93%； 海外氧化钇从2024年底不到8美元/公斤飙涨至数百美元，涨幅超46倍
2026年4月1日	对日氧化钇出库量已逼近零；日本市场现货价飙升至530-580美元/公斤，极端情况冲破850美元/公斤；欧洲市场500-600美元/公斤

来源：《稀土氧化物掺杂对AlN陶瓷晶格氧含量的调控机制研究》、商务部、海关总署、中泰证券研究所

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

2.7AIN陶瓷产业链分布

■ 氮化铝陶瓷产业链核心包括上游高纯氮化铝粉体、中游电子陶瓷制品（含裸板及金属化）两大环节，此外行业内少数企业亦打通全链条，实现垂直一体化生产。

➢ **上游：高纯氮化铝粉体（产业链核心瓶颈环节）**

国内参与氮化铝粉体生产的企业主要有厦门钜瓷、国瓷材料、宁夏艾森达、旭光电子控股子公司成都旭瓷。目前国内高性能氮化铝粉体批量化生产仍处于初级阶段，高端电子级粉体供给高度依赖进口，是国产替代的关键卡点。

➢ **中游：电子陶瓷制品（包括裸板及金属化）**

依托氮化铝粉体，经过流延、烧结、金属化等工艺，加工成陶瓷基板、HTCC封装件、陶瓷结构件等产品。国内具备氮化铝陶瓷制品量产能力的企业包括三环集团、国瓷材料、中瓷电子、宁夏艾森达、成都旭瓷，上述企业已在陶瓷基板、半导体封装结构件等领域形成一定产业基础，产品可支撑 AI 算力、半导体先进封装场景需求。

➢ **全产业链垂直整合（粉体-裸板-金属化一体化）**

国内能够同时实现氮化铝粉体原材料到电子陶瓷成品全链条规模化量产的企业较少，代表性主体为国瓷材料、旭光电子。

来源：各公司公告、Wind、艾邦制造、DT洞见热管理、中泰证券研究所

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

图表：AIN产业链环节各公司布局情况

环节	企业名称	产能或工艺情况
粉体环节	旭光电子（成都旭瓷）	实现氮化铝粉体年化产能500吨（含宁夏北瓷430吨，2025年7月投产），并推出高、中端产品组合，粉体品质及产业规模达到国内领先水平。
	福建华清	福建华清可实现年产600吨氮化铝粉体，自产粉体全面配套自有产线。
	厦门钜瓷	拥有全球领先的氮化铝陶瓷粉体生产线，高纯氮化铝粉体年产能超1400吨。
	宁夏艾森达	采用碳热还原法，生产的粉体指标已经接近于日本德山，产能约为150吨/年。
	国瓷材料	在氮化铝等高端粉体材料均有相关技术储备和产能布局，目前正积极推进氮化铝粉体扩产。
	金博股份	2026年9月，公司年产500吨高导热氮化铝粉体示范线项目已试产，并开展下游验证工作。
	三环集团	已具备自制氮化铝粉体的能力。
基板环节	旭光电子（成都旭瓷）	已实现多规格氮化铝陶瓷基板研发与量产，目标产能400万片。
	福建华清	拥有氮化铝陶瓷基板产能600万片。
	艾森达	2023年公司拥有氮化铝基板300万片/年的产能。
	国瓷材料	国瓷赛创二期新厂房建设已完成，后续产能逐步释放。
	中瓷电子	公司为国内外光模块公司的核心陶瓷产品（陶瓷外壳、基板）供应商，氮化铝陶瓷基板产能目前产能利用率维持高位。
金属化环节	旭光电子	掌握HTCC工艺，高性能氮化铝基板、HTCC及结构器件技术经认证达到国内领先水平，相关产品已通过数百家海内外企业认证并进入规模化供应阶段。其中，超高热导基板（热导率超230W/m·k）已在激光热沉、TEC半导体迷你型制冷片领域批量供货；高抗弯基板（抗弯强度超550MPa）凭借“高热导+高抗弯”优势，获半导体功率模块、车规级IGBT基板领域小批量订单。
	福建华清	掌握DBC、AMB工艺，产品类型涉及氧化铝、氮化铝基板及其DBC覆铜板，产品被广泛应用于HBLED、光通信、IGBT、功率器件、TEC等高端应用。
	国瓷材料（国瓷赛创）	掌握DPC工艺，LED基板方面，得益于“粉体+陶瓷+金属化”的技术和产业链协同优势，产品竞争力得到进一步加强，已为全球头部企业稳定批量供货；通讯射频微系统芯片封装管壳凭借技术领先性，实现快速增长；半导体制冷片TEC陶瓷基板在北美客户验证顺利，已实现小批量销售。
	富乐德	掌握AMB、DCB、DPC工艺。富乐华拥有氧化铝、氮化铝及氧化锆增韧氧化铝DCB工艺产品，主要客户包括比亚迪、英飞凌、斯达半导、士兰微、富士电机等，终端主要应用于工业控制、家用电器、光伏、风力发电等；AMB产品主要客户为意法半导体、博格华纳、比亚迪、中车时代、富士电机等，终端主要应用于新能源汽车、动力机车领域；公司向相关TEC生产厂商供应DPC产品，间接配套光模块厂商。
	科创新源	主要通过子公司源浩新瓷（持股66.7%）布局陶瓷基板业务，目前布局DPC工艺，产品主要布局TEC制冷片用的陶瓷覆铜基板。

来源：各公司官网、普华有策、中泰证券研究所

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

仅供内部参考，请勿外传

中泰证券 ZHONGTAI SECURITIES

3 重点个股梳理

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

中泰证券 ZHONGTAI SECURITIES

3.1 国瓷材料：依托粉体-基板-DPC金属化全链条优势，抢抓 AI 算力散热机遇

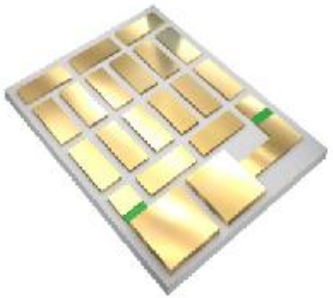
- **收购赛创100%股权，补齐陶瓷基板金属化能力。**公司自身拥有扎实的陶瓷粉体与基片研发制造实力，已在氮化铝、氮化硅、高纯氧化铝等品类持续布局。2022年10月，公司审议通过收购国瓷赛创100%股权议案，并于2023年初完成工商变更。国瓷赛创主营功率半导体覆铜陶瓷载板与陶瓷基板金属化业务，具备成熟DPC 工艺，产品覆盖 LED 陶瓷封装基板、车载传感器与雷达陶瓷基板、功率激光热沉、半导体制冷器陶瓷基板等。本次收购落地后，国瓷材料打通上游原材料至下游成品基板的链路，成功构建纵向一体化产业链。

- **AlN粉体方面，**公司已成功突破低氧、高活性、高批次稳定性的氮化铝粉体合成技术，依托粉体技术的底层支撑，针对性攻克导热率≥170W/(m·K)、三点抗弯强度≥400MPa、厚度0.1mm 及以上且具备高尺寸精度的陶瓷基板制备难题，打破海外企业在该领域的技术垄断。当前公司氮化铝粉体产能以自用为主，少量对外销售；伴随 AI 算力需求持续增长，公司正积极推进氮化铝粉体扩产规划。

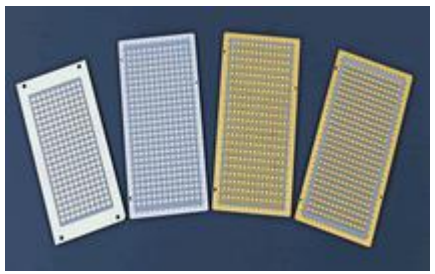
- **AlN基板方面，**子公司国瓷晶盛于2022年实现230W/(m·K) 高导热氮化铝陶瓷基片研发量产，产品性能对标国际头部厂商，填补国内市场空白，现已批量供货国瓷赛创及下游客户。公司现有成熟AlN基板产品以汽车大灯LED散热基板为主。伴随 AI 算力带动散热需求快速增长，国瓷赛创同步布局TEC制冷片配套基板；目前半导体制冷片（TEC）陶瓷基板在北美客户验证进展顺利，已进入小批量销售阶段。

图表：公司部分陶瓷基板产品

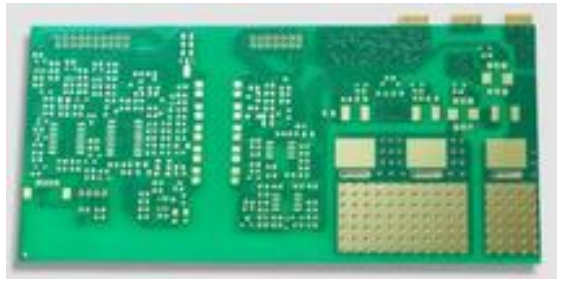
半导体制冷基板TEC



LED基板封装



车用雷达陶瓷基板



来源：公司公告、公司官网、CAC粉体与先进陶瓷、中泰证券研究所

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

仅供内部参考，请勿外传

3.2 旭光电子：打造粉体至金属化一体化平台，多规格基板实现量产突破

■ **分步投资布局，搭建氮化铝全产业链平台。**2020年旭瓷新材料成立，聚焦氮化铝粉体、基板、结构件自主研发；2021年旭瓷新材料出资设立宁夏北瓷；2022年1月，旭光电子完成对旭瓷新材料收购与增资，取得50.43%控股权，正式将氮化铝业务纳入上市公司体系，并同步启动定增募资5.5亿元，投向氮化铝粉体与基板产业化扩产项目，打造粉体到基板纵向一体化产能。公司是国内少数构建“氮化铝粉体-陶瓷基板-结构件-HTCC管壳”全产业链的企业，目标产能为500吨/年氮化铝粉体、400万片/年氮化铝基板、3000片/年氮化铝陶瓷结构件及5万片/年高温共烧氮化铝陶瓷基板。

➢ **AlN粉体方面，**公司采用碳热还原氮化法制备氮化铝粉体，持续迭代粉体制备工艺，同步研发配套连续化生产装备。旗下宁夏北瓷负责高性能 AlN 粉体生产，产出粉体氧含量低于 0.95%、碳含量低于 400ppm、比表面积大于 2.0m²/g，当前公司氮化铝粉体年化产能约 500 吨。

➢ **AlN基板方面，**宁夏北瓷已实现多规格氮化铝陶瓷基板研发与量产。产品基础型号热导率可达170W/(m·K) 以上，并推出 200–225W/(m·K) 以及 230W/(m·K) 超高热导系列基板。公司基板品类丰富，支持特殊规格定制生产，产品最薄厚度可达 0.01mm；可提供研磨型、即烧型、高抗弯、高热导、抛光型、激光划线型等多种类型基板，适配DPC、DBC、TPC、AMB、厚膜印刷、薄膜印刷等各类金属化工艺，满足多场景功率模块散热需求。

图表：宁夏北瓷氮化铝陶瓷粉体性能参数

检测项目		H-2	M-2
比表面积（m^2/g）		>3.0	>2.0
平均粒径（μm）		<1.5	<1.7
杂质含量	氧元素 O（wt%）	≤0.95	≤0.95
	碳元素 C（ppm）	≤350	≤400
	钙元素 Ca（ppm）	≤200	≤300
	硅元素 Si（ppm）	≤50	≤70
	铁元素 Fe（ppm）	≤20	≤30

图表：宁夏北瓷氮化铝陶瓷基板性能参数

项目	单位	NC-170	NC-200	NC-230
颜色	-	Gray/Beige	Gray/Beige	Gray/Beige
热导率	[@20℃]W/m·k	≥170	≥195	≥225
抗弯强度	Mpa	>450	>350	>350
表面粗糙度	μm	<0.5	<0.8	<0.85
翘曲度	‰	<2.5	<2.5	<2.5
体积密度	g/cm^3	≥3.3	≥3.28	≥3.28
线膨胀系数	[RT-300℃]10^{-6}mm/℃	4.6	4.6	4.6
体积电阻	20℃ Ω·cm	$>10^{14}$	$>10^{13}$	$>10^{13}$
介电常数	[@1MHz]	9	8.7	8.5
介电损耗	[@1MHz]	4.6×10^{-4}	4.6×10^{-4}	4.6×10^{-4}
抗击穿强度	(KV/mm)	≥15	≥15	≥15

来源：公司公告、宁夏北瓷新材料科技有限公司、艾邦陶瓷展、中泰证券研究所

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

仅供内部参考，请勿外传

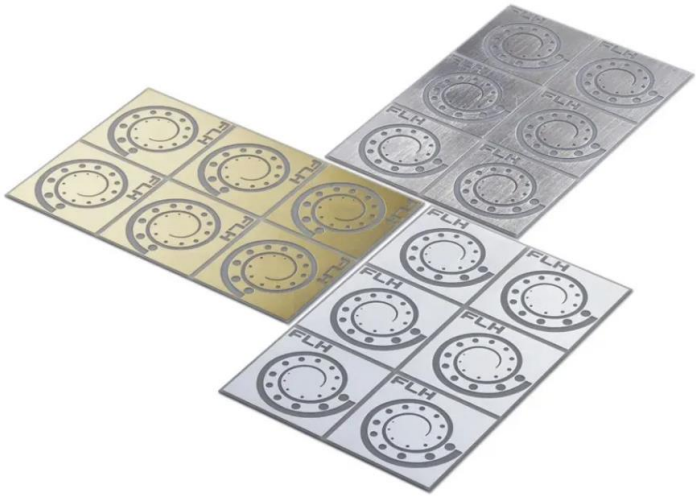
3.3 富乐德：国内重要覆铜陶瓷载板生产商

- **子公司富乐华为覆铜陶瓷载板核心业务载体，具备深厚工艺积累。**富乐德全资子公司富乐华专注于覆铜陶瓷载板产品领域，拥有二十多年研发、生产经验。企业自主掌握多种覆铜陶瓷载板先进制造工艺，产品矩阵覆盖直接覆铜陶瓷载板（DCB）、活性金属钎焊覆铜陶瓷载板（AMB）以及直接镀铜陶瓷载板（DPC），是国内外少数实现全流程自制的覆铜陶瓷载板生产商，行业地位处于领先水平。
- **客户开拓取得阶段性进展，多赛道应用落地。**富乐德覆铜陶瓷载板系列产品已进入多家国内外头部企业供应链，应用覆盖光模块、功率半导体及新能源汽车电控等领域。其中 DPC 产品已通过全球领先光模块客户验证并实现批量出货，主要作为 800G 及 1.6T 高速光模块内部光芯片、TEC 及驱动芯片的关键散热与载板支撑材料。此外，富乐德产品线同时覆盖英飞凌、比亚迪、意法半导体等功率半导体与新能源汽车领域企业客户，在功率器件、车载电控赛道持续拓展订单。

图表：富乐德覆铜陶瓷基板分类、特点及主要客户

分类	工艺介绍	特点	陶瓷材料	应用领域	主要客户
直接覆铜陶瓷载板产品（DCB）	采用将铜箔直接高温烧结在陶瓷片表面	具有优秀的热循环性、高机械强度、高导热率、高绝缘性和大电流载流能力等	氧化铝（Al_2O_3）、氮化铝（AlN）、氧化锆增韧氧化铝（ZTA）	工业控制、家用电器、光伏、风力发电等领域	括比亚迪、英飞凌、斯达半导、士兰微、富士电机
活性金属钎焊覆铜陶瓷载板产品（AMB）	利用含少量活性元素的活性金属材料实现铜箔与瓷片间的焊接	相比DCB，AMB产品的结合强度更高，可靠性更好，更适用于连接器或对电流承载大、散热要求高的场景	氮化硅（Si_3N_4）瓷片	新能源汽车、动力机车领域	意法半导体、博格华纳、比亚迪、中车时代、富士电机
直接镀铜陶瓷载板产品（DPC）	通过磁控溅射、图形电镀实现陶瓷表面金属化，再通过表面处理提高载板抗氧化性和可焊性	DPC产品具有导热/耐热性好、图形精度高、可垂直互连及热膨胀系数与芯片匹配等诸多特性	--	激光制冷器，未来有望用于工业激光、车载激光、光通信等高端应用领域	--

图表：富乐华DPC陶瓷基板示意图



来源：公司公告、陶瓷基板智造、中泰证券研究所

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

仅供内部参考，请勿外传

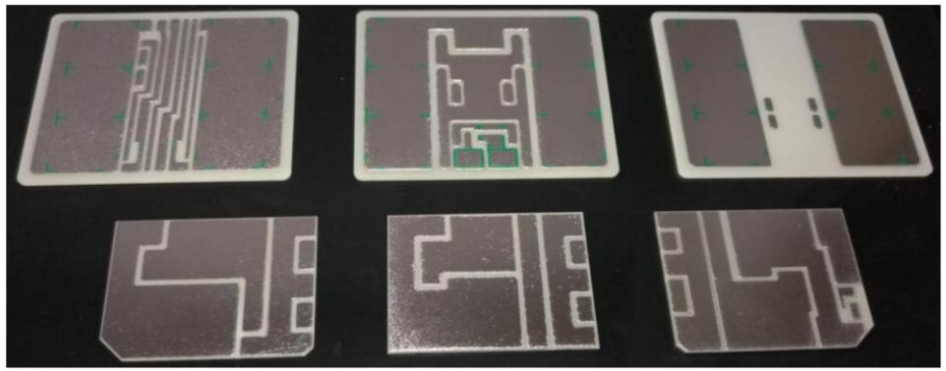
3.4 中瓷电子：国内高端电子陶瓷龙头

- **中瓷电子是国内高端电子陶瓷龙头。**依托电科十三所长期技术积淀，公司在光通信陶瓷外壳与基板领域实现了进口替代，形成陶瓷外壳、氮化铝陶瓷基板、多层陶瓷三大产品体系，并在材料、设计、工艺、量产四大维度形成完整技术壁垒。
  - **材料：**公司拥有多类陶瓷体系自主知识产权，覆盖系列化氧化铝陶瓷、氮化铝陶瓷，以及配套的金属化体系，从基础材料端实现技术自主可控。
  - **设计：**搭建先进设计工具与仿真平台，可针对陶瓷外壳结构、布线、电学、热学及可靠性开展一体化优化设计。自研光通信器件外壳与基板支持 2.5Gbps~3.2Tbps 全速率传输，技术对标海外同类产品；同时具备陶瓷材料与新型金属封接的热力学可靠性仿真能力，可满足新一代无线功率器件外壳的散热与高可靠要求。
  - **工艺技术：**搭建成熟的氧化铝、氮化铝陶瓷加工工艺平台，覆盖流延成型（氧化铝多层陶瓷）、高温厚膜金属化（厚膜印刷）、薄膜金属化（高精密光刻）、高温钎焊组装、电镀/化学镀镍金等核心工序；建成国际先进的多层陶瓷外壳、陶瓷薄膜基板、6/8/12 英寸静电卡盘与加热盘制造工艺平台。
  - **批量生产：**已实现高端电子陶瓷外壳、陶瓷薄膜基板、6/8/12英寸静电卡盘、加热盘的规模化量产，并持续推进产线自动化升级。公司是国内规模最大的高端电子陶瓷外壳制造商，光模块陶瓷外壳与基板市占率位居全球头部，是国内少数可与海外头部厂商同台竞争的企业。

图表：中瓷电子氮化铝陶瓷裸基板



图表：中瓷电子氮化铝陶瓷DBC基板



来源：公司公告、公司官网、中泰证券研究所

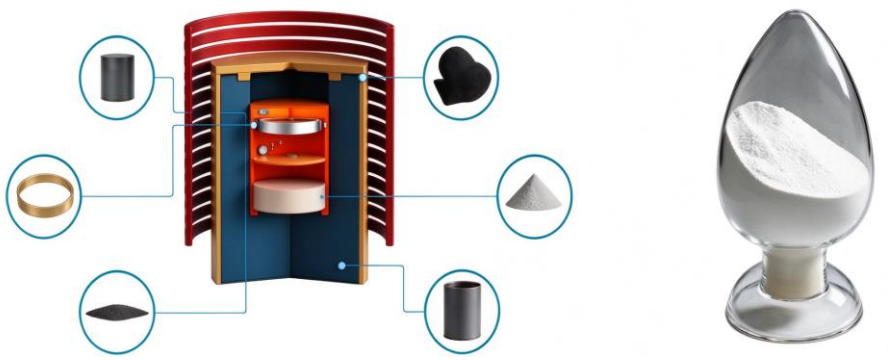
Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

中泰证券 ZHONGTAI SECURITIES

3.5 金博股份：碳基向先进陶瓷延伸，氮化铝粉体进入下游验证

- **深耕先进材料，向高纯氮化铝粉体拓展。**公司专注于先进新材料及产品的研发、生产和销售，业务覆盖交通、电池、光伏、半导体及氢能领域。其中，半导体业务涵盖超高纯热场材料、高纯氮化铝粉体等产品。依托既有碳基高温热处理技术、装备及研发团队，公司持续向先进陶瓷材料延伸，推动由“碳基材料平台”向“先进新材料平台”升级，形成氮化铝、氮化硅及钛酸钡等陶瓷粉体产品布局。
- **自主开发连续氮化工艺，强化氧含量与金属杂质控制。**公司自主开发密闭氮气循环连续氮化工艺技术，实现氮化铝粉体氧含量与金属杂质的超低稳态控制。2026年上半年，公司发布高纯度、低氧含量、粒度分布均匀的氮化铝粉体系列新产品。据公司披露，相关产品性能指标达到国际先进水平，并在材料体系、装备能力与核心工艺控制方面取得系统性突破，为高纯高导热氮化铝粉体的产业化提供技术支撑。
- **年产500吨示范线已试产，推进下游验证与应用导入。**年产500吨高导热氮化铝粉体示范线项目完成试产，现阶段重点开展下游验证。氮化铝粉体产品聚焦功率半导体散热赛道，主要应用于功率半导体封装、电子元器件、精密陶瓷结构件等领域；除氮化铝粉体之外，公司同步布局氮化硅、钛酸钡等其他先进陶瓷粉体材料，相关产品目前处于样品验证阶段，为后续拓展多品类先进陶瓷基材储备技术。

图表：公司高纯氮化铝粉体示意图



图表：金博股份氮化铝粉体核心技术及应用方向

产品	核心工艺及特点	应用方向	技术成果名称
高纯氮化铝粉体	氧含量与金属杂质的超低稳态控制、粒径均匀、烧结活性优异，可制备高热导率的氮化铝陶瓷基板	适配光模块、SiC功率模块及AI服务器等高端散热场景	碳热还原法制备高纯氮化铝微米粉
氮化铝造粒粉	通过精密的球磨浆料处理和喷雾造粒工艺，制备出高球形度、高流动性、粒径可控且分布窄的氮化铝颗粒	高性能静电卡盘、陶瓷结构件	氮化铝造粒粉的制备技术
氮化铝填料粉	开发的一种粒径分布动态可调兼具高导热率及填充性、绝缘性、流动性的氮化铝填料粉表面改性技术	导热界面材料，提升整体散热能力	氮化铝填料粉表面改性技术

来源：公司公告、公司官网、中泰证券研究所

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

仅供内部参考，请勿外传

3.6 科创新源主攻DPC陶瓷覆铜板，科翔股份专注陶瓷混压PCB跨界集成

■ 科创新源：聚焦DPC陶瓷覆铜板

公司通过控股子公司切入陶瓷覆铜基板赛道，公司陶瓷基板业务载体为控股子公司源浩新瓷（持股 66.7%），业务重心聚焦在陶瓷金属化环节，不涉足上游流延片烧结工序，主打TEC制冷片用陶瓷覆铜基板。从下游需求来看，预计2027年TEC领域最大增量来自高速光通信行业；同时伴随XPU（CPU、GPU 等）算力芯片功耗持续提升，XPU配套TEC制冷基板市场也有望逐步放量。

■ 科翔股份：陶瓷混压PCB跨界集成

公司依托孙公司广州陶积电切入先进陶瓷基板赛道（通过全资子公司智恩电子持有广州陶积电86%股权），广州陶积电成立于2017年，深耕AMB活性金属钎焊等先进陶瓷基板技术；其执行董事徐朝晨曾参与起草中国电子电路行业协会《直接覆铜陶瓷印制板》团体标准，具备行业标准制定层面的技术影响力。

- **材料端**，公司已完成低介电常数氮化硅材料的小批量试制，该材料在1GHz下介电常数控制在5以内，可有效降低信号延时与高频损耗，计划于2026年导入AI服务器应用。
- **工艺端**，公司掌握了AMB、DPC等先进技术，解决了半导体器件在-40℃~150℃宽温域的热循环可靠性难题，并攻克了热电分离陶瓷基板的量产工艺壁垒。
- 公司依托“陶瓷板+HDI”的一体化能力，拥有先进半导体封装和HDI制造能力，九江基地二期投产后可新增100万平方米HDI产能，同时正与某北美大客户合作研发用于AI服务器的陶瓷板，当前处于研发打样阶段。

来源：粉体网、陶瓷基板智造、中泰证券研究所

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

仅供内部参考，请勿外传

中泰证券 ZHONGTAI SECURITIES

4 风险提示

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

仅供内部参考，请勿外传

风险提示

- **下游需求不及预期风险：**氮化铝基板需求主要依托 AI 算力、功率半导体等下游行业，若 AI 资本开支收缩、功率器件等需求下行，下游客户资本开支与订单投放放缓，将导致氮化铝粉体、基板需求不及预期，影响行业企业业绩。

- **技术迭代与路线替代风险：**陶瓷基板散热方案仍处于产业化迭代阶段，叠加 AI 算力领域技术路线多元化，存在陶瓷基板方案被其他新型散热材料 / 封装技术替代的可能性。

- **稀土出口政策不确定性风险：**当前稀土出口管制趋严对国内企业形成短期利好，但政策方向存在不确定性。若未来管制放松或日本企业加速低稀土技术研发、成功开辟替代供应链，替代逻辑可能被削弱。

- **行业竞争加剧风险：**氮化铝粉体、基板赛道国产替代红利吸引多家企业扩产、新玩家入局。伴随国内产能集中释放，行业市场竞争或加剧，企业毛利率存在下行风险。

- **第三方数据失真及信息滞后风险：**报告援引的行业需求、出货量预测等外部公开数据或存在统计失真、更新滞后问题，或致使相关测算结论与行业实际运行情况产生偏差。

- **数据结果测算偏差风险：**全文各项测算均基于一定假设条件，存在实际情况与结果有所差异，依据信息不够充分等风险。

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

仅供内部参考，请勿外传

中泰证券 ZHONGTAI SECURITIES

重要声明

- 中泰证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证券监督管理委员会许可的证券投资咨询业务资格。本报告仅供本公司的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。
- 本报告基于本公司及其研究人员认为可信的公开资料或实地调研资料，反映了作者的研究观点，力求独立、客观和公正，结论不受任何第三方的授意或影响。本公司力求但不保证这些信息的准确性和完整性，且本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次公开发布时的判断，可能会随时调整。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。本报告所载的资料、工具、意见、信息及推测只提供给客户作参考之用，不构成任何投资、法律、会计或税务的最终操作建议，本公司不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保。本报告中所指的投资及服务可能不适合个别客户，不构成客户私人咨询建议。
- 市场有风险，投资需谨慎。在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。
- 投资者应注意，在法律允许的情况下，本公司及其本公司的关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能为这些公司正在提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。本公司及其本公司的关联机构或个人可能在本报告公开发布之前已经使用或了解其中的信息。
- 本报告版权归“中泰证券股份有限公司”所有。事先未经本公司书面授权，任何机构和个人，不得对本报告进行任何形式的翻版、发布、复制、转载、刊登、篡改，且不得对本报告进行有悖原意的删节或修改。

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster