

康宁在 OFC2026 发布集成玻璃波导基板方案(光纤芯片总损耗 2dB)，与博通围绕 51.2TCPO 交换机展开深度战略合作，玻璃基板成为 CPO 封装的重要路径

该环节技术壁垒极高、专利格局封锁严密，国内企业距康宁 0.01dB/cm 弯曲损耗指标差距显著

一、为什么是玻璃？——有机基板和硅中介层已到物理极限。CPO 的核心逻辑很直接：把光引擎从交换机前面板搬到 ASIC 芯片旁边，电信号走线从 15-30cm 缩到 50mm 以内，干掉高功耗 DSP。但光引擎搬到芯片旁边后，用什么承载？

传统 ABF 有机基板在 3.2T 时代已力不从心：介电常数 (Dk) 和损耗因子 (Df) 太高，224G 以上 SerDes 信号高频衰减急剧恶化；热膨胀系数与硅芯片差异大，翘曲 (Warp) 导致大面积封装良率很差；通孔间距 (Pitch) 停留在 325 μm ，线宽/线距 (L/S) 在 sub-2 μm 以下面临严峻工艺挑战。更关键的是，有机基板本身不具备光波导集成能力—光信号无法在有机介质中低损耗传输，这从根本上限制了它在光电融合封装中的角色。

硅中介层虽然 CTE 匹配好、布线精度高，但受限于 300mm 晶圆尺寸，

而且成本太高——台积电 CoWoS 虽然供不应求利润最高，但恰恰说明容量和成本都是瓶颈。Intel 的 EMIB（嵌入式硅桥）虽然在局部互连上降低了成本，但同样不解决基板级光波导集成的问题。玻璃基板的”降维打击”在于三点：第一，介电常数约硅的 1/3(玻璃~4-5vs 硅~11.7)，损耗因子相对标准 CMOS 级硅衬底低两个数量级，高频信号保真度碾压有机基板；第二，CTE 可通过玻璃组分配方调整实现与硅芯片近乎完美的匹配，翘曲从根上解决；第三，也是杀手锏——玻璃天然具备宽光谱透明性，是目前最适合在封装基板层级直接集成低损耗光波导的材料，把原来的”电信号承载平台”进化为”光电融合异质集成平台”。尽管聚合物波导等替代方案也在推进，但在损耗、热稳定性和量产可行性的综合维度上，玻璃离子交换（IOX）波导目前处于领先地位，并已有长期可靠性验证。

需要正视的是，玻璃基板并非没有短板。最突出的问题是散热：玻璃导热系数仅约 1.1-1.4W/

(m · K)，不及硅 (~149W/(m · K)的百分之一。当光引擎紧邻 TDP 动辄数百瓦的 AI 芯片时，玻璃基板若无特殊设计就是一层”隔热层”。

目前业界的应对思路主要有三条：一是高密度 TGV 铜柱阵列构建垂直导热通道，二是厚铜 RDL 层强化横向热扩散，三是外置光源架构将激光器热源隔离到基板外侧。散热方案的工程成熟度，将直接决定玻璃基板 CPO 从实验室走向量产的节奏。

二、康宁-博通锁定 CPO 封装话语权：2dB 总损耗什么水平？

OFC 官网论文显示，康宁即将发布的集成玻璃波导基板方案，实现了光纤到芯片 2dB 的总传输损耗，弯曲损耗低至 0.01dB/cm。腾讯云 OFC 2026 前瞻文章提到，康宁实现了 16 通道波导、 $>50\ \mu\text{m}$ 间距设计，光纤耦合损耗低于 0.3dB，并在 O 波段完成 400G 以上数据传输验证。这些数字意味着什么？业内常见聚合物波导传输损耗在 0.1-0.5dB/cm 量级，弯曲损耗是康宁方案的 10-50 倍。在 CPO 需要的高密度光扇出(Optical Fan-Out) 场景下——一块基板要路由数十甚至上百根光波导，走复杂弯曲路径只有康宁级别的超低弯曲损耗才能撑住链路损耗预算。

更值得关注的是商业模式：康宁与博通围绕业界首款 51.2TBaillyCPO 交换机展开深度战略合

作。博通是 CPO 交换机赛道先行者，从 TH4(25.6T) 就开始做半光半电方案，TH5 推出全

光 Bailly 方案，TH6(51.2T)将在 2026 年 Q3 量产放量。业内分析认为，博通是目前唯一能供应 CPO 的厂商，英伟达受限于主芯片单芯片容量(20 多 T vs 博通 50 多 T)，预计 2027 年才能量产。

这种”材料巨头+芯片巨头”战略绑定模式，实质上把玻璃波导基板供应链话语权高度集中到康宁-博通轴线。

三、玻璃基板的需求拐点：与 3.2TCPO 时代强绑定

玻璃基板真正的市场爆发窗口，是与 CPO 步入 3.2T 时代强绑定的。在这个速率级别，玻璃基板的独特性能使其成为不可替代的材料选择。尽管 CPO 的规模化应用仍需时间克服挑战，行业主流判断 2026 年仍是“验证年”，CPO 交换机需求量不超过 1 万个，渗透率很低。主要由于可靠性和可维护性问题尚未解决，如 CPO 里的 32 通道光芯片，任何一个通道出问题整块需要更换，不像可插拔光模块那样方便替换。云厂商也因供货量和技术成熟度问题对短期大规模应用持谨慎态度。

真正的放量窗口预计在 2028-2029 年。根据 LightCounting 预测，到 2029 年，3.2TCPO 端口出货量预计超 1000 万个，渗透率达到 50% 左右。这确立了 CPO 的爆发与 3.2T(400G/lane) 时代的强绑定关系。更关键的是，3.2T 时代对基板材料的要求，恰恰是玻璃基板性能发挥的最佳适用场景，因为传统的有机基板（如 ABF）已无法满足该速率对高频信号保真度的要求。从产业化方向看，英伟达 RubinUltra 机柜采用 3.2TNPO 光引擎完成跨 Canister 光互连，预示着高密度光互连的趋势已不可逆转。虽然 RubinUltra 首批预计不会使用玻璃基板（因技术发展时间短、稳定性要求高），但这确认了 CPO 对先进基板材料的长期需求。

四、技术壁垒拆解：TGV+光波导的"双重深水区"

玻璃基板技术壁垒集中在两个“深水区”：

第一个是 TGV（Through-GlassVia，玻璃通孔）。玻璃硬而脆，不能像硅那样用深反应离子刻蚀（DRIE），只能用“超快激光诱导改性+化学深度蚀刻”复合工艺。隐性 know-how 极其关键：激光能量剂量分布、蚀刻液动态流场都会影响孔壁微裂纹——这些纳米级缺陷在后续热循环中会扩展导致整块基板碎裂。填孔也很难——玻璃表面太光滑、化学惰性强，种子层附着力差，高深宽比（10:1 甚至 20:1）下铜电镀极易形成空洞。

国内 TGV 设备方面已有突破。披露与调研显示，大族激光已向多家客户批量交付 Panel 级 TGV 设备，攻克大尺寸玻璃基板加工三大难题：深径比突破、孔壁粗糙度控制、大尺寸基板均匀性；其飞秒激光增强玻璃蚀刻技术（FLEE）可实现通孔直径 $<5\ \mu\text{m}$ 、深宽比 $>50:1$ 。帝尔激光的 TGV 设备已实现晶圆级和面板级全覆盖，最大深径比 100:1，最小孔径 $<5\ \mu\text{m}$ 。

第二个壁垒是集成光波导的制造。这才是真正把国内企业挡在门外的护城河。康宁用的是离子交换工艺——通过热扩散让银离子进入碱

性玻璃，局部改变折射率形成波导芯层。听起来简单，但要在—块基板上同时实现 TGV 电互连和低损耗光波导，涉及两套截然不同的微加工工艺在同一物理空间内的协同——离子交换的热处理可能影响 TGV 金属化层可靠性，反之亦然。这种光电融合协同制造能力，全球只有康宁（离子交换路线）和少数几家（如超快激光直写路线）具备。

五、专利格局与国产化：窗口有多大？

坦率讲，短期窗口很小。

全球玻璃基板竞争格局高度集中：康宁在特种玻璃材料和离子交换光波导领域拥有最深专利护城河；日本 AGC（旭硝子）、NEG（日本电气硝子）、SCHOTT（肖特）在高品质无碱/硼硅酸盐玻璃供应端占据绝对优势；英特尔在 2026 年 NEPCON 日本电子展上首次展示 78mm×77mm 的 EMIB 玻璃芯基板原型，集成两个 EMIB 桥接器，验证了更精细的互连间距、更好的焦深控制以及更低的机械应力。

国内企业的真实站位：

沃格光电是 A 股最直接的玻璃基板标的。其子公司湖北通格微在 2025 年下半年实现向海外客户批量出货，在光通讯领域与行业企业合作开发 1.6T 以上光模块应用，参与 CPO 研发。8.6 代线预计 2026 年量产，达产后月产能 2.4 万片。但需要注意，沃格核心能力在玻璃薄化和镀铜技术，在显示用玻璃基板（MiniLED 背光）方面已有商业化，在 CPO 需要的集成光波导制造方面，尚无公开技术验证数据。

南亚新材主营高频高速覆铜板，更多切入的是 PCB 材料升级（M7→M9）逻辑，与玻璃基板直接关联度有限。真正的”玻璃波导”能力——即在玻璃内部制造低损耗光通路——不在其技术栈内。”

对标康宁 0.01dB/cm 弯曲损耗指标，国内企业面临的不仅是”做不到”的问题，更是”整条工艺链都还不齐”的问题。玻璃基板在 AI 服务器应用的核心瓶颈是缺乏头部公司带动效应，且微裂纹问题和产业链不完善制约发展。英伟达 RubinUltra 第一批预计不会用玻璃基板，主要因技术成熟度不够。”

从设备端切入可能是国内企业更现实的路径。大族激光、帝尔激光在 TGV 设备方面确实实现了进口替代，但这离”集成光波导玻璃基板”还差整整一个维度——就好比你能在玻璃上打孔，不等于你能在玻璃

里刻出精度达亚微米级、损耗达 0.01dB/cm 的光波导。

六、投资含义：分清”概念催化”与”业绩兑现” 我们需要把产业链拆成几层看：

确定性最高的是 CPO 交换机量产带来的光引擎、FAU(光纤阵列单元)、外部激光源 (ELS) 等环节需求爆发。根据 LightCounting 预测，未来 5 年光引擎市场空间超 100 亿美元，ELS+Fiber Shuffle+MPO+FAU 超 30 亿美元。这里天孚通信、太辰光、源杰科技、长光华芯等都有真实供应链卡位 一一 但壁垒参差不齐。业内普遍认为，MPO 没有特别大技术含量，真正有门槛的是没有标准化的光引擎、硅光芯片和 FAU。

中等确定性的是 PCBM9 材料升级。224G SerDes 要求正交背板 CCL 必须达到 M9 级超低损耗，菲利华 (石英玻璃纤维布)、生益科技、东材科技都在这条线上。