

半导体材料行业专题报告

芯片功耗提升, 散热重要性凸显

方正证券研究所证券研究报告

分析师

郑震湘

登记编号: S1220523080004

余凌星

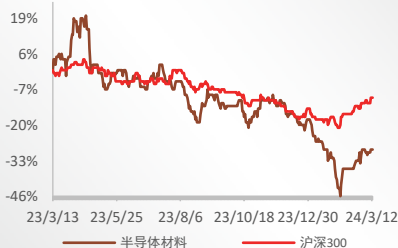
登记编号: S1220523070005

行业评级: 推荐

行业信息

上市公司总家数	20
总股本(亿股)	95.77
销售收入(亿元)	563.28
利润总额(亿元)	53.92
行业平均 PE	70.45
平均股价(元)	29.47

行业相对指数表现



数据来源: wind 方正证券研究所

相关研究

AI 驱动高散热需求, 封装材料市场预计 2027 年市场规模达 298 亿元。封装材料成本通常会占到整体封装成本的 40%~60%, 其中多种封装材料决定了芯片散热性能的优劣, 如固晶胶/膜、热界面材料(TIM)、均热片及散热器以及底部填充料(Underfill)等。我们认为封装材料市场规模将随着高散热性能需求进一步提升。

固晶胶向固晶胶膜升级, 以应对芯片尺寸减小及高集成度需求。固晶胶作为一种封装黏接材料, 对芯片的有效散热也有重要作用。但受制于固晶胶均匀性差、容易有树脂泄漏等缺点, 随着芯片尺寸的减小, 芯片在键合时的均匀性对其缺陷率的影响也不断放大, 固晶胶逐渐升级成固晶胶膜。固晶胶膜相比固晶胶拥有时间、成本以及性能上的全面优势, 其解决了固晶胶的均匀性问题, 同时省去了切割后的涂胶环节, 大幅度缩减了工艺流程的时间成本。当前市场主要由德国汉高、日本日立、日东等公司垄断, 国内德邦科技已成功打破 DAF 材料的海外垄断格局, 逐渐实现国产替代。

封装散热材料是芯片热量转移的关键材料。散热材料可被分为:

1) **热界面材料(TIMs):**热界面材料用于填充芯片与热沉以及热沉与散热器之间的空隙, 以建立芯片与散热之间的导热通道, 实现芯片的热量快速传递。热界面材料对材料的性能有着极高要求, TIM1 材料必须能够承受从-40°C 到 150°C 的极端温度循环, 而温度循环 TIM2 材料的功能上限通常更接近 120°C。热界面材料主要使用的材料包括导热油脂(2020 年市场规模达 3.6 亿美元), 以及胶膜和胶带, 市场规模为 3.2 亿美元。

2) **均热片:**均热片是一种半导体器件的热辐射底板, 用于器件的有效散热和热应力的减少。随着高性能计算对散热性能愈来愈高, 均热片作为芯片散热解决方案最核心的组成部分, 对其性能的要求也更加严苛, 产品的性能溢价有望进一步提升。

3) **散热器:**散热器与均热片的作用基本相同, 主要区别为其通常由排列成梳状的金属部件组成, 梳状的部分也被称为散热片, 其增加了表面面积, 从而提高了散热性能, 往往散热器会与风扇或泵结合, 以提供强制循环以及主动散热的作用, 以提高冷却效率。

底部填充料是倒装的关键材料之一,在先进封装中用于包括缓解热膨胀系数不匹配产生的内应力, 分散芯片正面承载的应力, 保护焊球、传递芯片间的热量等作用。受 AI 应用蓬勃发展及手机、电脑等消费电子产品小型化驱动, 底部填充胶市场 2030 年有望增长至 15.8 亿美元, 当前市场主要由德国汉高、日本昭和电工、信越等公司占据主要份额, 国内德邦科技不断加速, 突破海外垄断, 实现国产替代。

风险提示:竞争加剧风险, 下游需求不及预期风险, 国际环境变化风险

并购家 免费行业报告网

IPOIPO.CN 每日更新 不用注册会员 无广告 永久免费

正文目录

1 芯片性能提升催生散热需求，封装材料市场稳健增长	4
2 黏接材料：由 DAP 向 DAF 升级	5
3 散热材料：芯片功率提升的重要防线	11
3.1 热界面材料（TIMs）	12
3.2 均热片	14
3.3 散热器	17
4 Underfill：倒装芯片封装的关键材料	17
5 风险提示	22

图表目录

图表 1: 高通骁龙 8 历代芯片功耗对比.....	4
图表 2: 封装材料市场规模	5
图表 3: 封装黏接材料分类	5
图表 4: 贴片胶示意图	6
图表 5: 使用芯片黏接的键合示意图	6
图表 6: 树脂泄漏示意图	7
图表 7: DAP 需要芯片周围留出更多的空间	7
图表 8: 芯片下 DAP 的均匀性会导致缺陷.....	7
图表 9: DAF 帮助芯片进一步减薄.....	8
图表 10: DAF 可提高整体的芯片设计密度.....	8
图表 11: DAF 与传统 DAP 下的晶圆处理流程对比	9
图表 12: DAF 下的芯片键合工艺流程.....	9
图表 13: DAF 下的 3D NAND 堆叠	9
图表 14: CDAF 部分应用领域.....	10
图表 15: CDAF 的三种作用	10
图表 16: 2019 年固晶胶（膜）竞争格局	11
图表 17: TaiSol 服务器 CPU 散热解决方案	12
图表 18: TaiSol 服务器 GPU 散热解决方案	12
图表 19: 热界面材料在芯片散热中作用示意图.....	13
图表 20: 全球热界面材料各组分市场规模（百万美元）	14
图表 21: 不同应用中的均热片展示.....	15
图表 22: 不同均热片材料的热性能.....	16
图表 23: 健策历年营收、营收同比增速及毛利率.....	17
图表 24: 健策历年营收按产品划分.....	17
图表 25: 散热器在芯片散热中作用示意图.....	17
图表 26: 传统 Underfill 流程	18
图表 27: 倒装芯片用材料	18
图表 28: Underfill 材料.....	19
图表 29: Underfill 材料分类	19
图表 30: FC 封装中 CUF 的填充工艺过程	20
图表 31: MUF 工艺优势	20
图表 32: NUF 工艺流程.....	20
图表 33: 面向窄节距凸点互连的 NCP 非流动底部填充技术工艺流程.....	21
图表 34: 不同类型的底部填充材料和相关工序.....	21

1 芯片性能提升催生散热需求，封装材料市场稳健增长

AI 需求驱动硬件高散热需求。根据 Canalys 预测，兼容 AI 的个人电脑将从 2025 年开始快速普及，预计至 2027 年约占所有个人电脑出货量的 60%，AI 有望提振消费者需求。2023 年 10 月，高通正式发布骁龙 8 Gen 3 处理器，该处理器将会成为 2024 年安卓旗舰的标配处理器，包含一个基于 Arm Cortex-X4 技术的主处理器核心，Cortex-X4 超大核是 Arm 迄今最强悍的 CPU 核心，同 X3 相比，X4 的整数功率从 4.1W 暴涨至 5.7W。在高性能 AI 处理器的加持以及消费者需求下，消费电子终端产品持续向高集成、轻薄化方向发展的大趋势下，芯片和元器件体积不断缩小，功率密度却在快速增加，消费电子产品的散热方案需要不断升级。

图表1:高通骁龙 8 历代芯片功耗对比

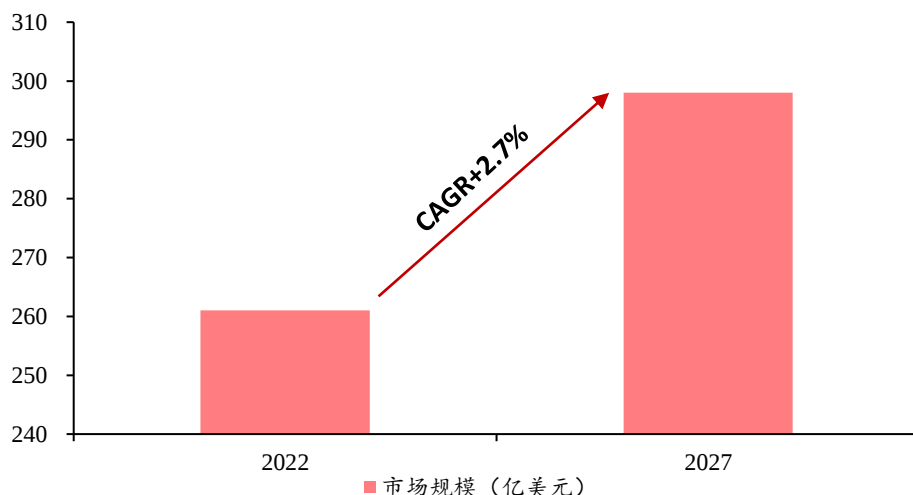


资料来源：酷客 fans，方正证券研究所

多个环节决定了芯片的散热性能。其中，固晶胶/膜等封装黏接材料的主要职责是将载体与芯片或芯片之间进行黏合，但同时因其热膨胀系数最好接近芯片和芯片载体，以减小芯片黏接导致的热应力，而且具有优良的导热系数，可以有效地将芯片所产生的热传递到组装材料以利于散热；底部填充料（Underfill）在先进封装中用于缓解芯片结构之间热膨胀系数不匹配产生的内应力，以提高芯片的热循环可靠性；热界面材料（TIM）可以直接改善两个表面之间的散热性能；散热器则需将发热设备所传导的热量再传导至空气等物质。

封装材料市场规模稳健增长，预计 2027 年达 298 亿元。集成电路封装产品中所使用具体材料的种类及其价格按照封装形式和产品种类的不同存在较大差异，但封装材料成本通常会占到整体封装成本的 40%~60%。根据 SEMI，2022 年全球半导体封装材料销售额为 261 亿美元，预计到 2027 年将增长至 298 亿美元，CAGR+2.7%。

图表2:封装材料市场规模

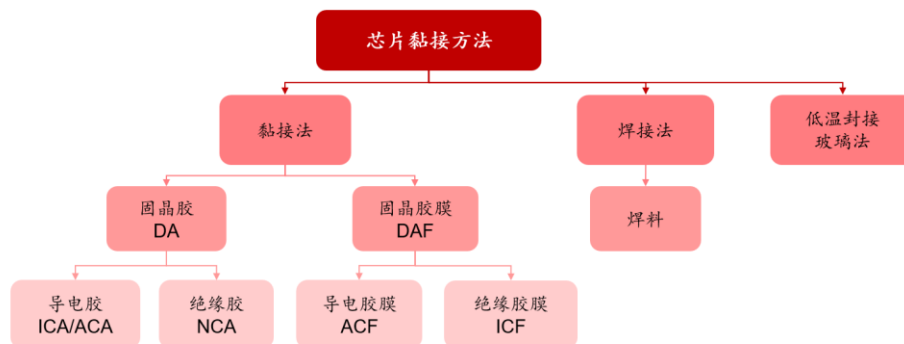


资料来源: SEMI, 方正证券研究所

2 黏接材料: 由 DAP 向 DAF 升级

黏接材料的基本功能可以被概述为将集成电路芯片键合在芯片载体上,或是芯片与芯片之间的堆叠及黏接。传统的芯片黏接材料按其方法的不同可被分为黏接法、焊接法以及低温封接玻璃法。

图表3:封装黏接材料分类



资料来源: 集成电路先进封装材料, 方正证券研究所

黏接法是指用高分子树脂把芯片黏到焊盘上,使两者实现连接。因为环氧树脂属于稳定的高分子聚合物,所以大多数的树脂黏接剂采用环氧树脂作为主体材料分为固晶胶和固晶胶膜。

固晶胶: 固晶胶 (Die Adhesive, DA), 又称固晶胶粘合剂 (Die Attach Paste, DAP), 其根据是否拥有导电需求,可被分为导电胶与绝缘胶。导电胶是通过在树脂基体中添加金属导电填料形成的。导电填料主要提供电学及热学特性,树脂基体则提供机械特性和密封性。通过调整金属导电填料和树脂的配比,导电胶可体现出截然不同的电学和机械性能,因此导电胶与金属焊料有明显的区别。

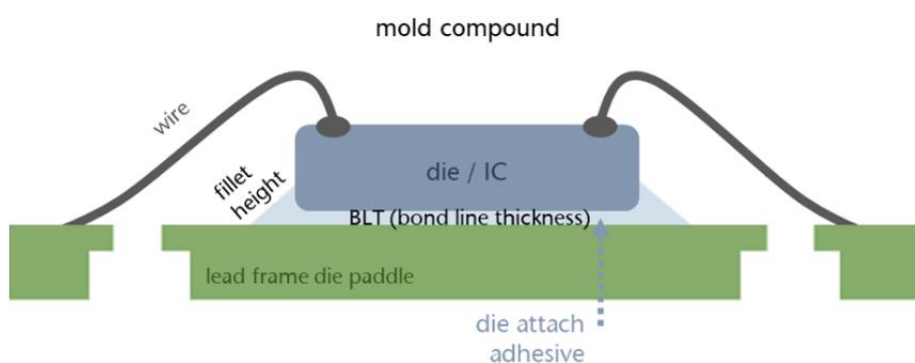
图表4:贴片胶示意图



资料来源：德国汉高，方正证券研究所

绝缘胶具有优异的电气绝缘性、黏接性能和成型特性，其广泛应用于集成电路封装中需要绝缘黏接、灌封的地方，主要应用于芯片背面不需要导电的芯片黏接。导电胶则在树脂作为主体材料并填入了如银或铜等导电填料，使其同时也可起到导电互联的作用。导电胶根据导电方向可被分为同性导电胶（Isotropic Conductive Adhesive, ICA）和（Anisotropic Conductive Adhesive, ACA）两大类。ICA 是指在各个方向均具有同等性能的导电胶，其被广泛应用于电子器件的封装。ACA 则是指只在某一个方向上实现导电，但在其他方向不导电的导电胶，ACA 的制备过程相对更加复杂，对生产设备和工艺条件的要求较高，主要应用于如 LED 或 OLED 显示器用 PCB 等特殊 PCB 的生产。

图表5:使用芯片黏接的键合示意图

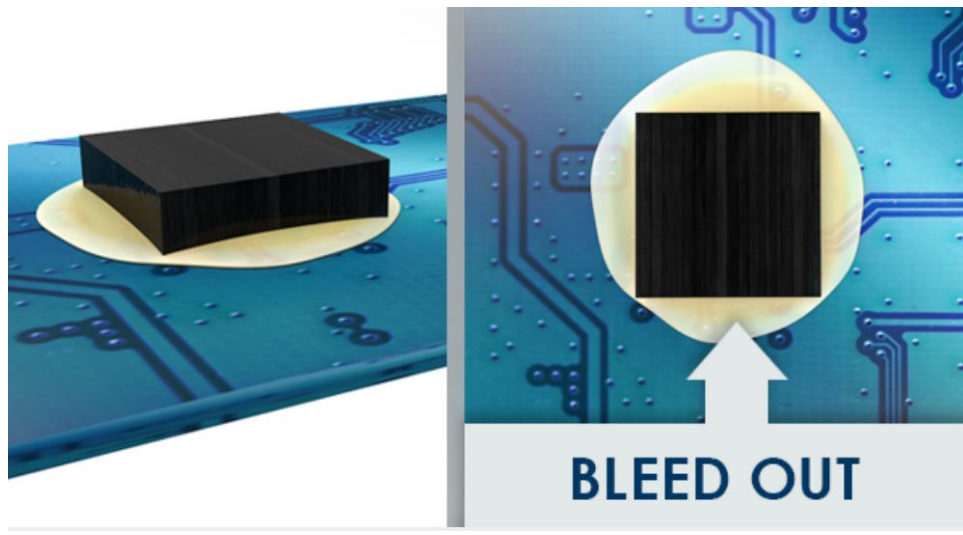


资料来源：Polytec，方正证券研究所

固晶胶存在树脂泄漏、芯片集成度低以及固晶胶的均匀性差等缺点。虽然固晶胶具有工艺温度低、成本低、热应力低、易返修等优点，但同时也存在材料的热稳定性差，需要高温固化且工艺时间长，同时在工艺流程中可能会发生树脂泄漏等问题。树脂泄漏是一种表面现象，即由于树脂和基底之间的表面能差，有机树脂碎片沿着基底表面或半导体芯片侧面迁移，导致芯片附近的基板表面

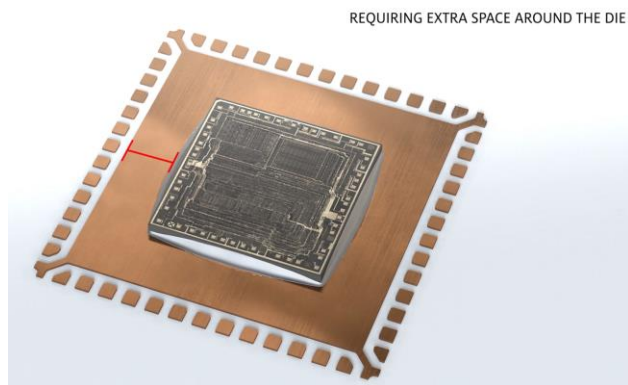
受到侵占，会对后续的封装过程受到影响。除了树脂泄漏以外，DAP 会使芯片与基板之间的外沿形成斜坡，导致芯片周围需要额外的距离，同时对更薄的芯片而言，不平的斜坡会导致爬胶以及芯片的倾斜并最终导致其性能产生缺陷。随着下游客户对芯片封装的要求更加严苛，固晶胶已无法满足现今大部分的使用场景。

图表6:树脂泄漏示意图



资料来源: MasterBond, 方正证券研究所

图表7:DAP 需要芯片周围留出更多的空间



资料来源: 德国汉高, 方正证券研究所

图表8:芯片下 DAP 的均匀性会导致缺陷



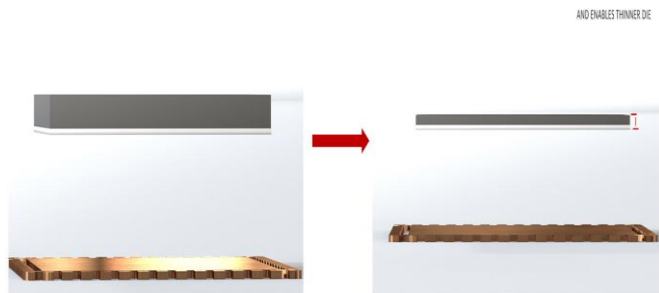
资料来源: 德国汉高, 方正证券研究所

固晶胶膜: 固晶胶膜 (Die Attach Film, DAF) 是一种超薄型薄膜黏接材料, 其主要成分也是树脂, 但与导电胶不同, 其以胶膜的形式应用于芯片粘贴。DAF 与 DAP 一样, 同样拥有导电胶膜以及绝缘胶膜, 而导电胶膜也同样可被分为各向同性导电胶膜 (Isotropic Conductive Film, ICF) 和各向异性导电胶膜 (An-isotropic Conductive Film, ACF)。

DAF 相比 DAP 拥有时间、成本以及性能上的全面优势。 随着电子集成电路产品, 尤其是消费类电子产品对产品提出了更小、更薄和低成本封装的要求, 厂商逐渐转而采用封装密度更高的表面布置有电路的聚合物基板来逐步替代金属型的芯片载体。这类聚合物基板需要降低黏接温度, 降低应力并需要避免对表

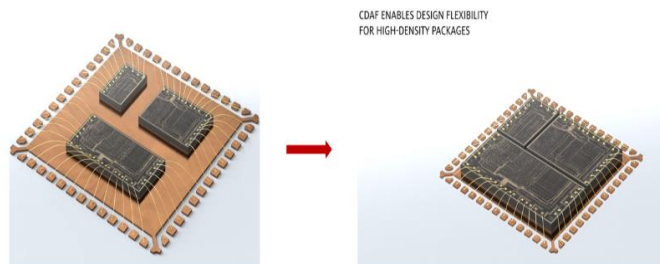
面电路的污染。DAF 的优点便随之凸显，其消除了 DAP 中的侧边爬胶；减小了芯片和芯片焊盘之间的间距，提高了芯片设计密度，配套封装材料的用量的显著减少，降低了生产成本；应力小，具有较高的柔性和抗疲劳性，可与多种基板连接；工艺简单，生产效率高；不含铅等有毒金属成分，减少了对环境的污染。

图表9:DAF 帮助芯片进一步减薄



资料来源：德国汉高，方正证券研究所

图表10:DAF 可提高整体的芯片设计密度

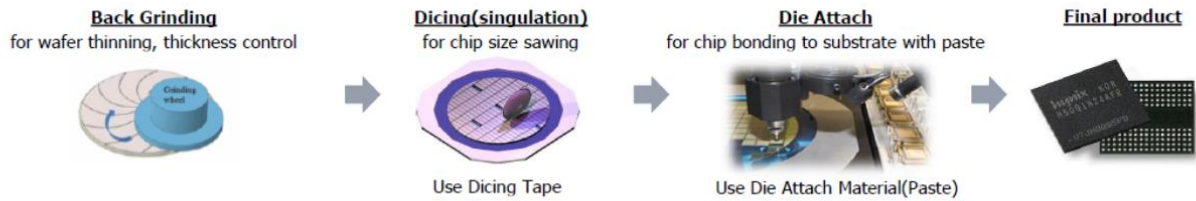


资料来源：德国汉高，方正证券研究所

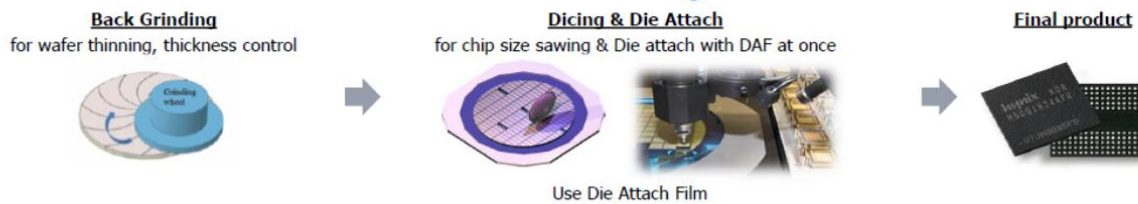
随着芯片的体积逐渐减小，对晶圆的厚度也有极高的要求，尤其是需要将多个芯片进行堆叠的封装形式，因此需要将晶圆进一步减薄。而晶圆的厚度下降，会导致研磨晶圆背面所产生的残余应力使晶圆出现正面收缩，这样可能会引发晶圆弯曲成弧形；此外随着晶圆变薄，其弯曲度也会增加。因此为了保持晶圆平整，首先需要在晶圆背面贴上承载薄膜（Mounting Tape），然后将其固定在环形框架内。与此同时，芯片的多层堆叠也会涂胶流程时间大大增加，在这样的情况下，固晶胶膜应运而生，DAF 会在切割芯片之前便被贴在晶圆的背面，随后一同进行切割，这样可以保障每个芯片 DAF 的均匀性以降低缺陷率、省去了切割后的涂胶环节，同时也可为晶圆提供一定的保护。目前 DAF 是 NAND 的 3D 芯片堆叠以及面板显示屏键合中的主要材料之一。

图表11:DAF 与传统 DAP 下的晶圆处理流程对比

Conventional(Paste) Process

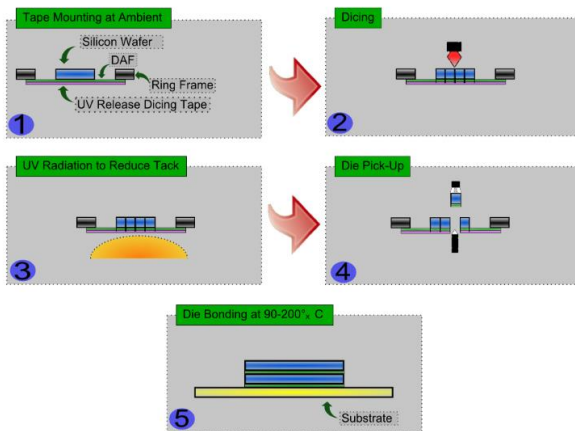


DAF Process



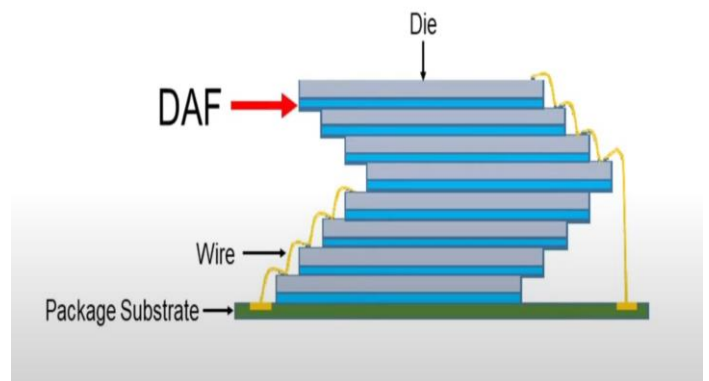
资料来源：英创力科技，方正证券研究所

图表12:DAF 下的芯片键合工艺流程



资料来源：AI Technology，方正证券研究所

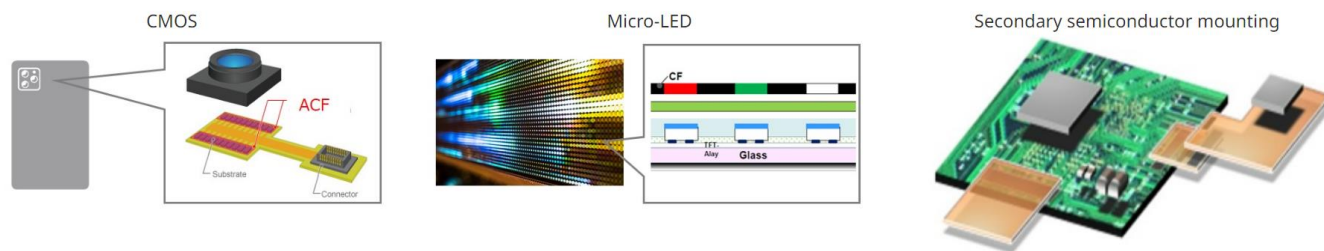
图表13:DAF 下的 3D NAND 堆叠



资料来源：Semicon Talk，方正证券研究所

ACF 是绝大部分柔性电子元件中的关键黏接材料。上述主要描述的是绝缘胶膜的运用，而导电胶膜（Conductive Die Attach Film, CDAF）也同样在封装中起到了关键作用。CDAF 中的 ACF 应用于几乎所有的柔性电子元件，如可弯曲显示器和可穿戴设备中的面板与芯片的组装和键合中，主要被应用于 LCD 或 OLED 的玻璃基板与 IC 芯片或柔性基板之间的电气连接以及物理固定。

图表14:CDAF 部分应用领域

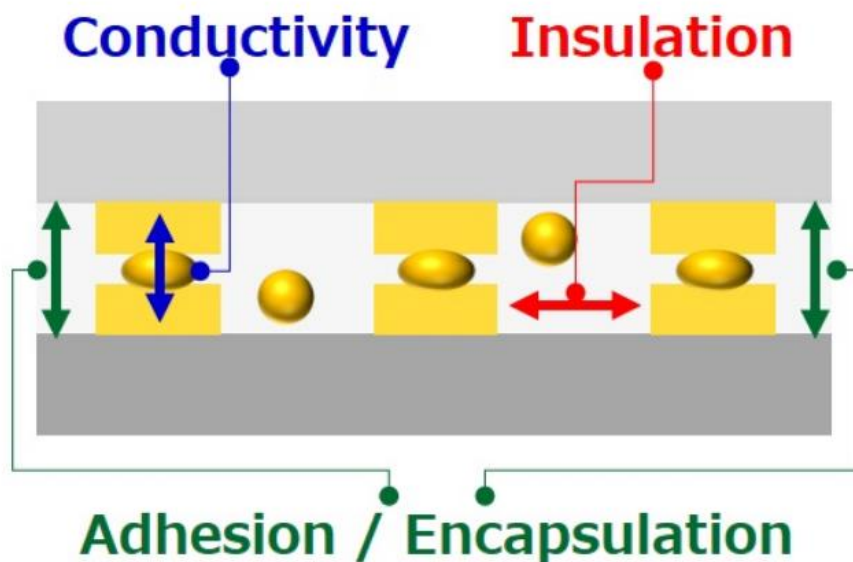


资料来源: Resonac, 方正证券研究所

CDAF 拥有传统焊接技术无法实现的精密组件方面的应用。在平板显示器中,透明电极以图案化的形式呈现在玻璃基板上,以激活液或 OLED 的单个单元,而这些透明电极必须与激活这些单元的驱动 IC 进行互联;但是,由于用作透明电极的掺锡氧化铟 (ITO) 不能与焊料形成共晶体系,因此不能使用焊接进行连接,而且由于必须在显示器尺寸范围内排列与液晶单元数量相等的电极,另一个问题是限制电极之间的最大空间或连接间距,以避免相邻电极短路。随着高清显示屏的分辨率越来越高,尺寸越来越小,连接间距必须越来越窄。

而 ACF 由于可以实现垂直方向的导电性和水平方向的绝缘特性,使其可以在不使用焊接的形式对器件实现黏合、垂直的互联以及水平的绝缘三种效果,目前昭和电工的 ACF 可实现 ACF 20 μ m 的间距,可应用于现今绝大部分的 LCD 以及 OLED 面板当中。

图表15:CDAF 的三种作用

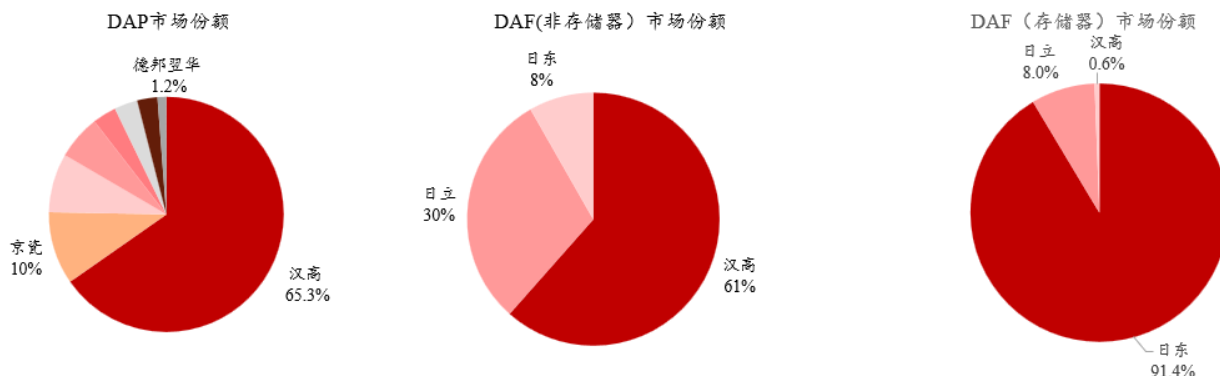


资料来源: Resonac, 方正证券研究所

德日高度垄断市场, CR3 拥有绝对垄断地位。据 Cepem, 2019 年全球黏接材料市场规模大约为 8.7 亿美元, 主要包括导电与非导电的 DAP 以及 DAF。DAP 以及 DAF 均为德日垄断市场, 截止 2019 年根据全球出货量, DAP CR3 市场份额占整体的 83%, 中国德邦子公司东莞德邦拥有 1.2% 的市场份额。DAF 则被德国汉高、日本日立以及日东垄断, 三者拥有全球 99.2% 的非存储器用 DAF 市场份额;

日东则基本垄断了存储器用 DAF 市场份额，其市场份额达 91.4%；而导电胶膜则更是被德国汉高独自一人垄断。

图表16:2019 年固晶胶（膜）竞争格局



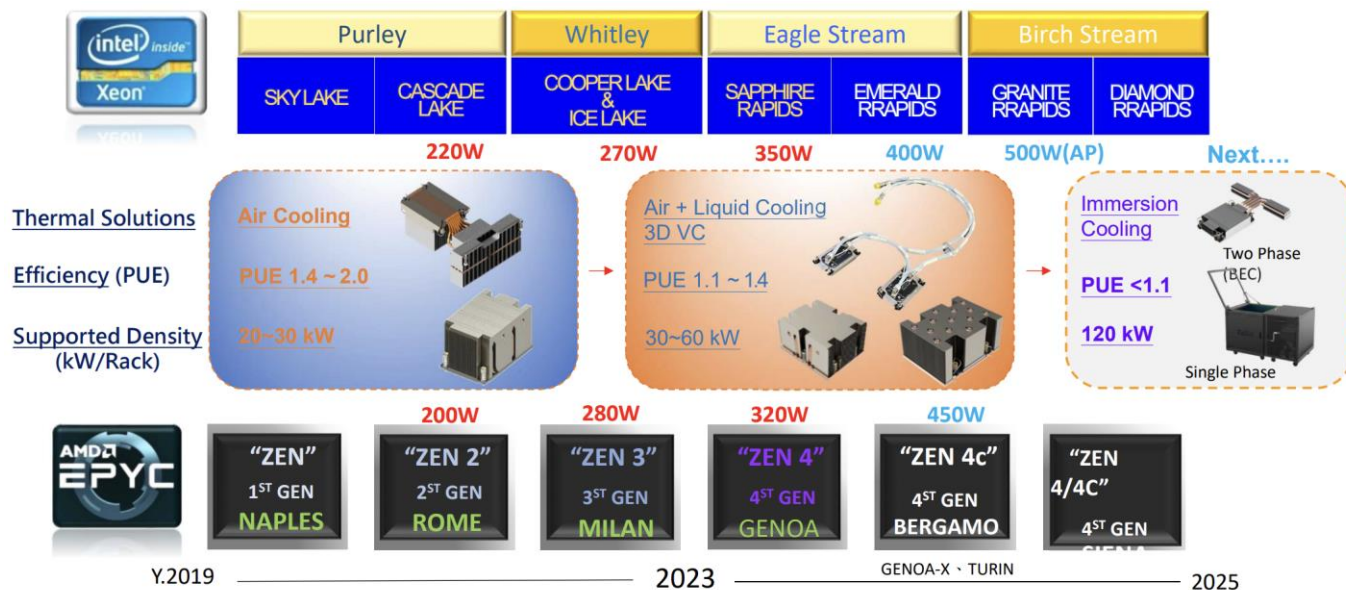
资料来源：Cepem，方正证券研究所

打破海外垄断格局，踏出国产替代第一步。德邦科技现已成功研发出应用于存储芯片堆叠封装固晶的 DAP 及 DAF，其中 DAF 已有十几个客户通过验证，获得了四个客户的小批量订单，DAP 已获得客户订单。公司研发出的固晶胶膜产品成功打破了中国在封装黏接材料方面的产品空白，实现了 0 到 1 的突破。根据投资者调研，公司预计国内 DAF 膜市场规模约为 5-10 亿元，国产替代空间广阔，预计随着产品通过验证后在各大封测厂的大批量导入，公司黏接材料营收有望引来快速发展期。

3 散热材料：芯片功率提升的重要防线

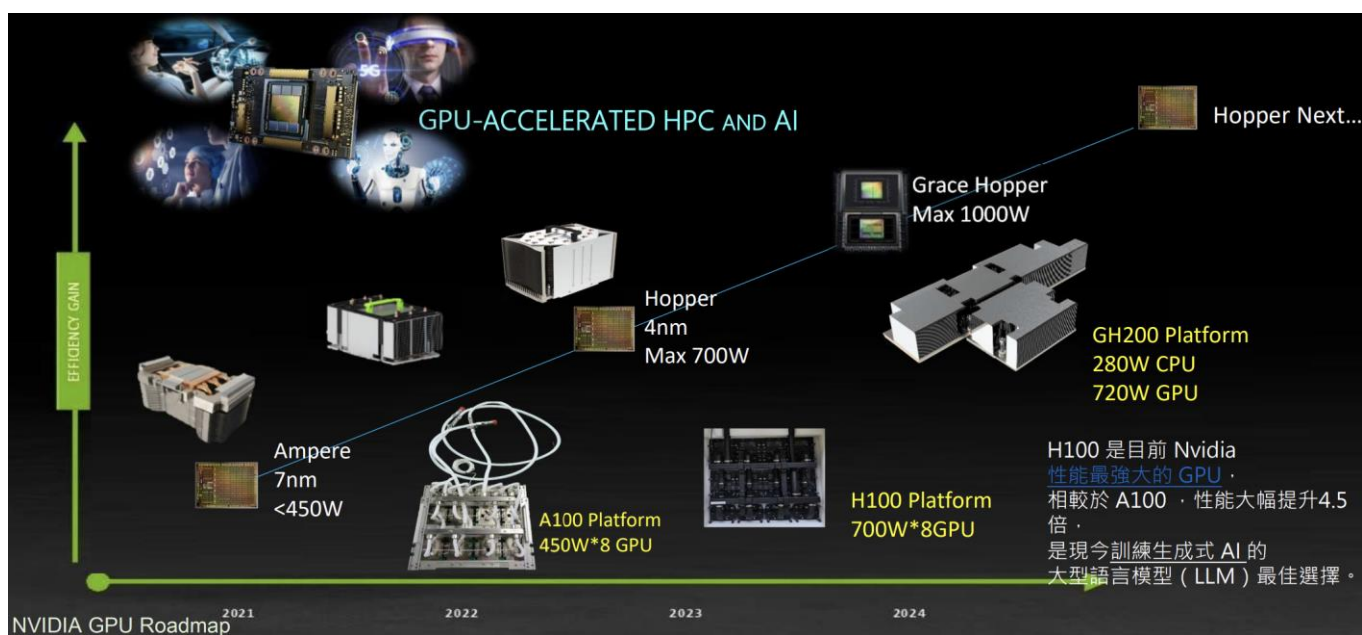
AI 产业发展带动算力需求的快速扩容的背景下，主流厂商 CPU 和 GPU 的功率逐步提高，从而催生新型散热材料和散热模式。我们看到，散热解决方案从 2019 年左右的以风扇为代表的风冷，逐步发展至当下的 3D VC 风冷和开放式液体冷却技术，以支持密度在 30-60kW/R 左右的机房。此外，随着散热需求提升，预计未来浸没式液冷也将成为主流。

图表17: TaiSol 服务器 CPU 散热解决方案



资料来源: TaiSol 公司公告, 方正证券研究所

图表18: TaiSol 服务器 GPU 散热解决方案



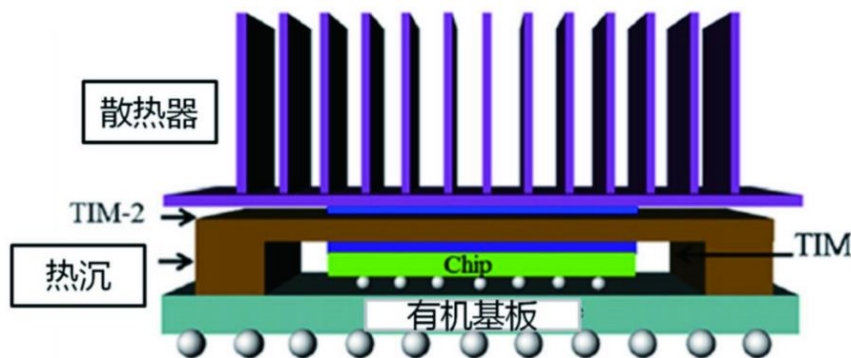
资料来源: TaiSol 公司公告, 方正证券研究所

3.1 热界面材料 (TIMs)

热界面材料 (Thermal Interface Materials, TIM) 可改善两个表面之间的传热。电子设备的性能不断提高，但它们消耗更多的电量并产生更多的热量。如果热量无法有效散发，设备的性能就会受到影响。

TIM1 型材料被用作第一道防线。 TIM1 材料通常放置在半导体封装内，位于发热芯片/管芯和散热金属盖之间，与两者接触以实现更直接的散热。TIM2 材料作为第二道防线，通常放置在半导体封装的外部散热器之间。从技术角度来看，TIM1 的可靠性和性能要求比 TIM2 高得多，需要更高性能的填料和配方。

图表19:热界面材料在芯片散热中作用示意图



资料来源：艾邦加工展，方正证券研究所

目前导热界面材料主要有四类：

(1) 导热灌封胶：用于模块的整体封装；

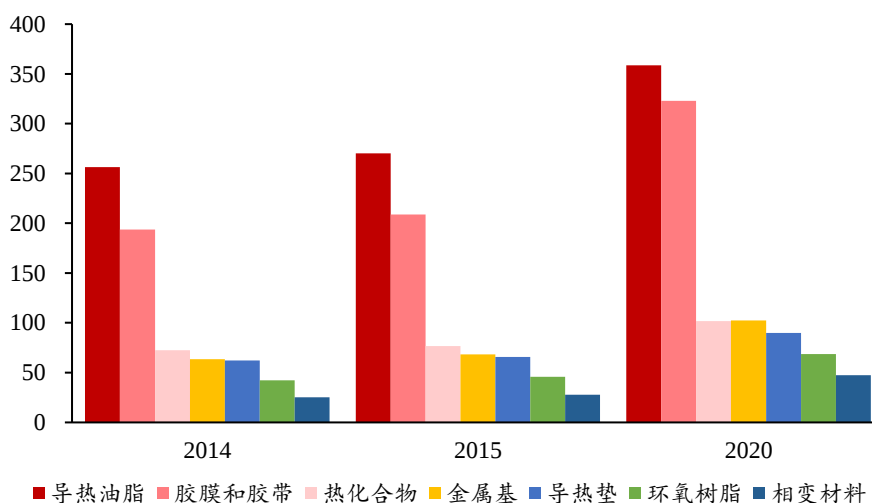
(2) 导热硅脂(导热膏)：具有一定流动性或呈黏稠状的膏状物，用于填充微小间隙，比如将膏体涂覆在 CPU 和散热器之间，发热堆和壳体之间，将空气挤压出去，形成散热通道；

(3) 导热胶垫：是一种柔性可压缩的弹性材料，在施加一定压力的情况下，能很好地顺应接触不规则的表面，填补固体间的空隙，而又不会对元器件造成污染，用于电子电器产品的控制主板、LED 散热、电机内外部垫脚、锂电池热管理等；

(4) 导热相变材料：在常温时处于固态，在吸收功率器件热量后，达到一定温度才融化为液态，因此可以很好地浸润固体界面，从而减少热阻，它既能吸收热量，又有良好的传热性，综合了导热硅脂和导热胶垫的优势，既解决了硅脂涂抹操作难的问题，也解决了导热胶垫因为厚度和界面热阻带来的导热效果的问题。

流动态导热油脂占据最大市场份额。热界面材料市场规模方面，流动态的导热油脂用作导热材料，有利于使用过程中的自动化，并且其热阻很小，是当前市场份额最大的导热界面材料，2020 年其市场规模达 3.6 亿美元，胶膜和胶带紧随其后，市场规模为 3.2 亿美元，其余热化合物、金属基等材料运用相对较小。

图表20: 全球热界面材料各组分市场规模 (百万美元)



资料来源: 艾邦加工展, 方正证券研究所

TIM1 材料必须能够承受从 -40°C 到 150°C 的极端温度循环, 而温度循环 TIM2 材料的功能上限通常更接近 120°C 。虽然这 30°C 的温度上限差异可能看起来并不多, 但它显著降低了配方要求, 允许在基础材料和填料选择方面有更多的可变性, 如某些环氧树脂或其他热塑性材料, 否则可能会成为 TIM1 应用的竞争者, 不能承受 150°C 的温度而不硬化和分层, 导致热故障。出于这个原因, 大多数 TIM1 材料是基于有机硅的化学物质, 以满足 150°C 的上限, 还必须利用表面处理功能化的导热填料颗粒, 以忍受极端温度随着时间的推移, 而不会变脆, 改变其凝胶状的特性, 并诱导由于高热膨胀系数不匹配的机械应力。

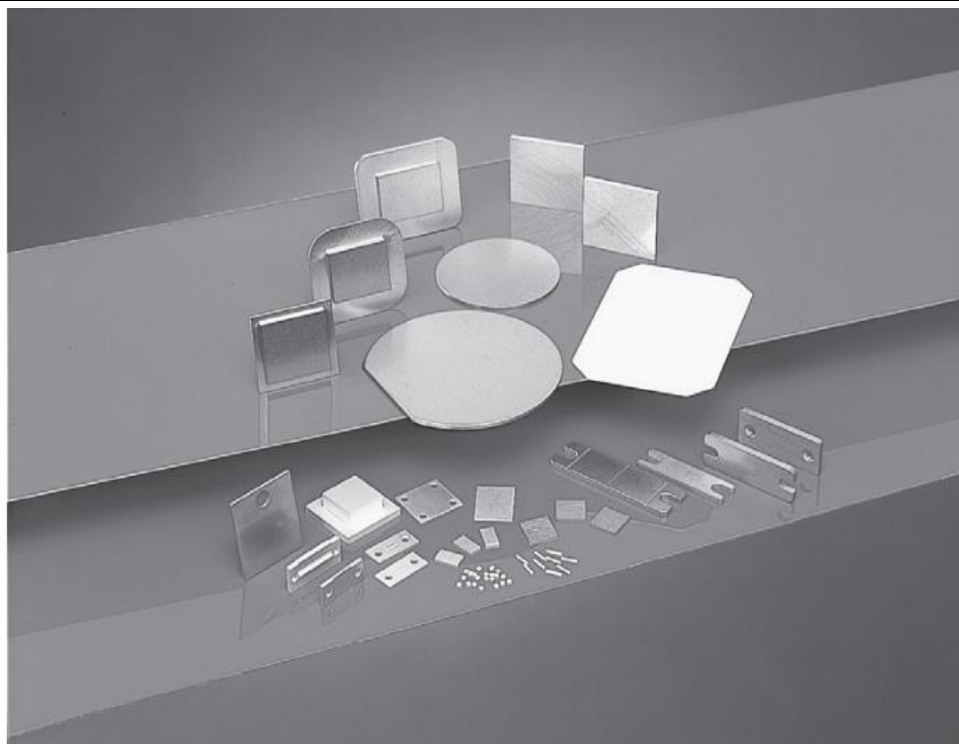
3.2 均热片

均热片 (Heat Spreader) 是一种半导体器件的热辐射底板, 用于器件的有效散热和热应力的减少。因此, 均热片需要以下几点特性:

- (1) 较高的热导率 (TC)
- (2) 与器件材料之间最佳的热膨胀系数 (CTE)
- (3) 与半导体芯片以及焊料之间的良好粘结性。

均热片应用广泛, 涵盖多个终端应用领域。均热片作为半导体器件封装中的重要材料, 其形状与大小也根据元器件的需求进行调整, 均热片的应用领域涵盖了消费电子、服务器、汽车电子及通讯等多个应用领域。

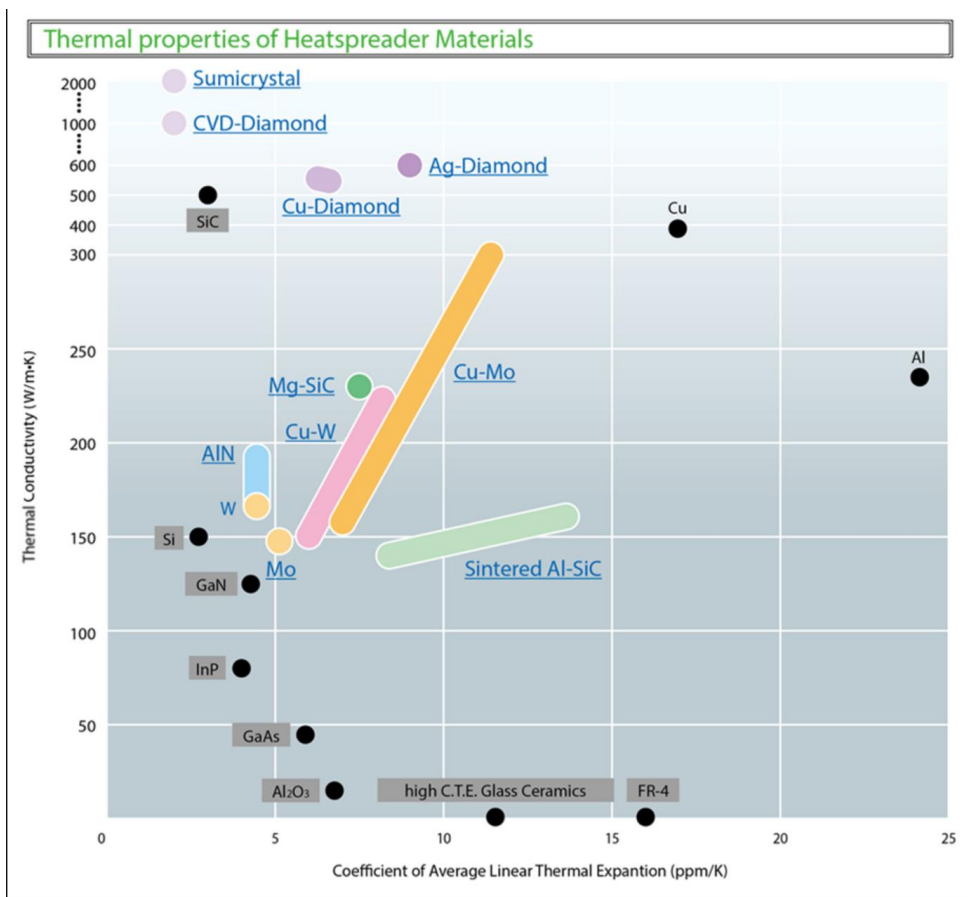
图表21:不同应用中的均热片展示



资料来源:《History and Future Development of Heat Spreader Products》, 方正证券研究所

均热片材料决定了散热性能。均热片在芯片散热领域中属于“被动性散热组件”，将导热性佳的金属贴附于发热表面，以复合的热交换模式来散热。均热片主要与在其与已封装的芯片之间的TIM II 配合进行散热，其本身并不能为器件降温，只是将热量传递到另一个物体上，让热量安全地从器件上散发出去，因此制造均热片的材料决定了均热片的热导率以及线性热膨胀系数。住友电子的均热片材料包括铜钨、铜钼、铜金刚石、银金刚石、铝碳化硅、CVD 钻石等不同材料。每种材料都具有独特的特性，可与不同种类的半导体相辅相成，用于不同的应用领域。

图表22: 不同均热片材料的热性能

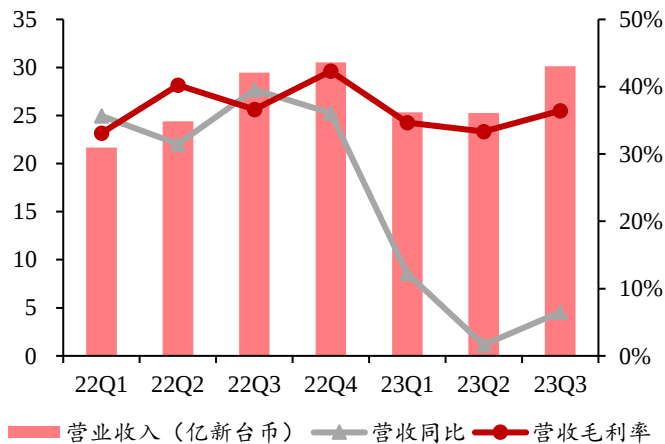


资料来源：住友电子，方正证券研究所

均热片性能的重要性随着芯片性能的升级而愈加凸显。随着芯片效能的进一步提升与制程上的进一步微小化，晶体管的数量在相对面积中更加集中，使电路的设计更加复杂化。然而并不是所有的效能可以百分之百的提升，因此大部分电能的消耗，其能量会转变成热量的形式散发。而制程的微小化也导致其在相同的单位面积内，所需要的用电量与相应废热产生也愈来愈大。因此，尤其是在服务器以及 AI 需求井喷的当下，芯片的散热解决方案需要在高效能的运算能力下，将热源更加有效地排出，而均热片作为芯片散热解决方案最核心的组成部分，对其性能的需求也进一步提升。

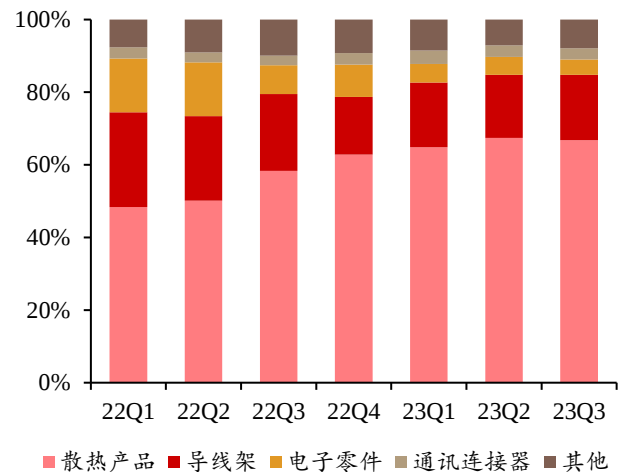
中国台湾厂商健策精密是全球均热片的主要提供商之一，为了更好地响应客户对均热片的需求，公司在 2023 年新研发出了 5g 芯片均热片的开发及量产，以及超薄型均热片的开发及量产，进一步提升了公司均热片在市场的竞争力以及产品矩阵在应用领域的拓宽。公司持续看好均热片业务，公司 2023Q3 均热片营收同比增长 21%，预计 2024 年均热片收入将进一步提升。

图表23: 健策历年营收、营收同比增速及毛利率



资料来源: JENTECH, 方正证券研究所

图表24: 健策历年营收按产品划分



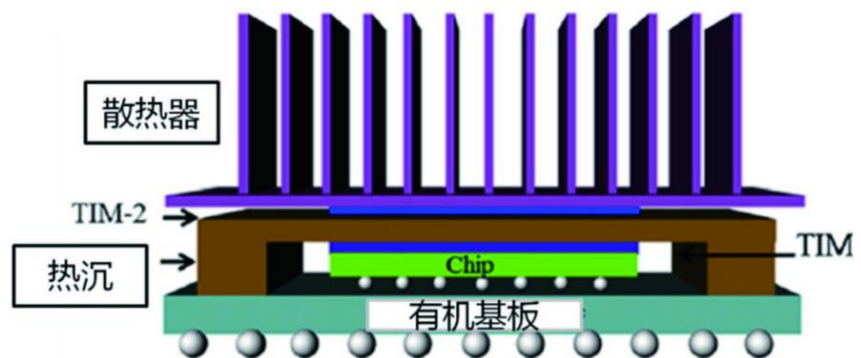
资料来源: JENTECH, 方正证券研究所

3.3 散热器

散热器 (Heat Sink) 与均热片的作用基本相同。其作为被动散热器件用于将器件产生的热量转移到流体介质 (通常为空气或液体冷却剂) 中, 然后将热量从设备中散发出去, 从而将设备的温度控制在最佳水平。

散热器与均热片不同, 通常由排列成梳状的金属部件组成, 梳状的部分也被称为散热片, 其增加了表面面积, 从而提高了散热性能, 往往散热器会与风扇或泵结合, 以提供强制循环以及主动散热的作用, 以提高冷却效率。

图表25: 散热器在芯片散热中作用示意图



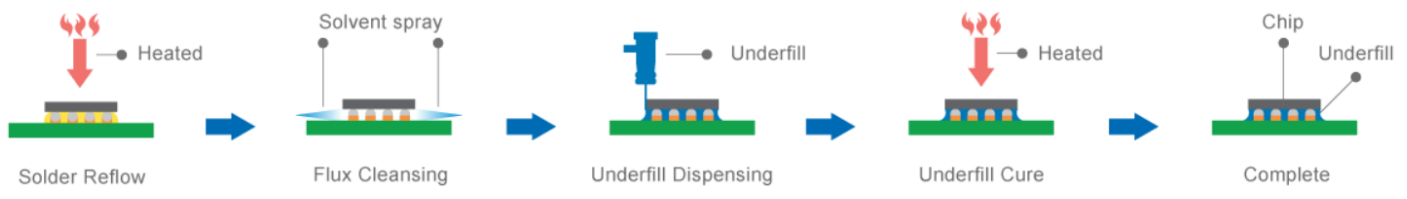
资料来源: 艾邦加工展, 方正证券研究所

4 Underfill: 倒装芯片封装的关键材料

底部填充料是集成电路倒装芯片封装的关键材料之一, 在先进封装中用于包括缓解芯片、互连材料(焊球)和基板三者的热膨胀系数不匹配产生的内应力, 分散芯片正面承载的应力, 同时保护焊球、提高芯片的抗跌落性、热循环可靠性, 在高功率器件中还能传递芯片间的热量。从使用场景来看, 底部填充胶分为三种, 一是倒装芯片底部填充胶, 用于芯片与封装基板互连凸点之间间隙的填充, 精度一般为微米级。二是(焊)球栅阵列底部填充胶, 用于封装基板与

PCB 印制电路板之间互连焊球间的填充，间隙精度为毫米级，对底部填充胶要求相对较低。三则是用于晶圆级封装。其中，倒装芯片用市场占比最大。

图表26: 传统 Underfill 流程



资料来源: smartm, 方正证券研究所

倒装芯片底部填充料通过填充在集成电路芯片与有机基板之间的狭缝中，起到将连接焊点密封保护起来的作用。底部填充料是影响倒装芯片组装质量的关键因素之一。芯片、有机基板、焊料连接和填充材料都是不同材质的，这几种材料的热膨胀系数有所区别。在没有进行底部填充的前提下，几种材料中芯片与有机基板的热膨胀系数差异最大，这导致当发生温度变化时，整个封装体容易发生形变，并且在芯片与有机基板之间的互连点上出现剪应力。底部填充料扮演调节上述现象的关键角色，使整个系统的热膨胀系数介于芯片与基板的热膨胀系数之间，由此强化焊接连接的强度，降低连接点的疲劳应力，从而增加产品寿命。

图表27: 倒装芯片用材料

材 料	CTE/(ppm/° C)	倒装芯片中的应用
硅	2.5	芯片或硅基板
FR-4 基板	16	有机基板
氧化铝	6.9	陶瓷基板
焊料	18~22	互连
聚酰亚胺	45	柔性有机基板
环氧树脂	55~75	底部填充料中的树脂
二氧化硅	0.5	底部填充料中的填料

资料来源:《集成电路先进封装材料》，方正证券研究所

Underfill 材料主要由有机粘合剂、填料、固化剂、催化剂、偶联剂、润湿剂、阻燃剂、消泡剂以及其它添加剂组成。

图表28:Underfill 材料

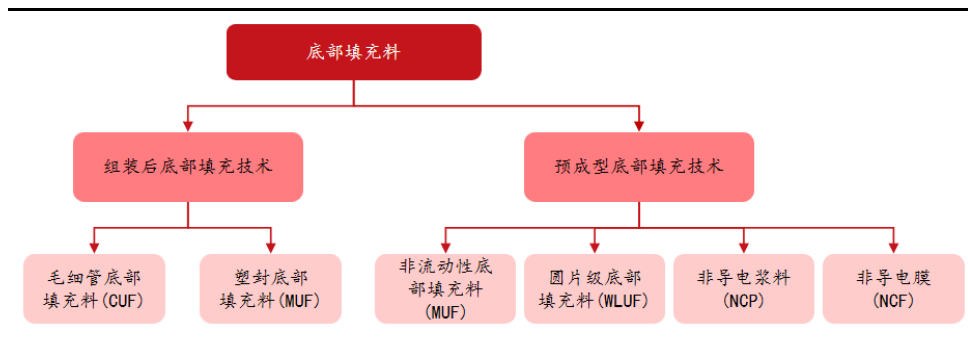
成分	常见材料	作用
有机粘合剂	双酚 A 环氧树脂, 双酚F环氧树脂, 苯酚线性酚醛环氧树脂, 邻甲酚线性环氧树脂等	作为无机填料的载体, 提供粘接性能和力学性能
填料	氧化铝、氧化铝、氮化铝、碳化硅、二氧化硅等	降低固化物的热膨胀系数, 改变材料模量
固化剂	胺类、酸酐类、酚醛树脂等	固化反应生成立体网状结构的热固性化合物
催化剂	硅烷、钛酸酯、铝酸酯等	促进交联反应, 减少固化时间, 提高效率
偶联剂	硅烷、钛酸酯、铝酸酯等	促进 underfill 与基板、芯片表面 SiO_2 或 Si_3N_4 钝化层之间的连接, 提高underfill 与基底表面的粘接强度
润湿剂	改性的硅氧烷树脂、碳氟化合物和丙烯酸树脂等	增强underfill 与基板间的成膜性, 降低 underfill 在器件上的表面张力, 促进 underfill 在器件表面的粘接
阻燃剂	卤素有机物、磷化物等	增加underfill 附燃性
消泡剂	含有聚醚链段的聚硅氧烷, 聚醚类消泡剂	除去 underfill 中的气泡, 减少填充时产生空洞和气泡, 提高underfill 的与器件的粘接强度和热稳定性

资料来源: 闪德咨询, 半导体全解, 方正证券研究所

按填充阶段划分, 底部填充技术可分为后填充和预填充。传统的底部填充技术是在完成倒装芯片互连后进行。随着系统集成度不断提高, 倒装芯片上凸点的尺寸和节距变得越来越小, 节距小于 100um, 传统的封装后底部填充技术常常出现凸点间填充不完全到位、产生孔洞等缺陷, 封装互连的可靠性降低。为适应倒装芯片窄节距互连的填充需求, 预成型底部填充技术产生, 该技术能简化工艺, 又能对窄节距互连 (小于 100um) 进行良好的底部填充。预成型底部填充技术指底部填充料在芯片互连之前被施加在芯片或基板上, 在后续的回流或热压键合过程中, 芯片凸点互连与底部填充固化的工艺同时完成。

依据填充工艺划分, 后填充可分为毛细管底部填充 (CUF) 和塑封底部填充 (MUF), 预填充主要包括非流动底部填充料 (NUF)、晶片级底部填充料 (WLUF)、非导电浆料 (NCP) 和非导电膜 (NCF):

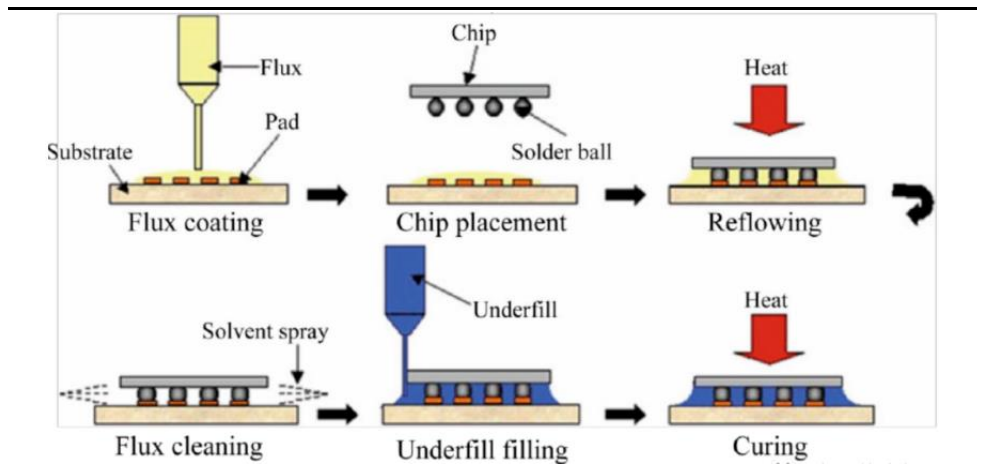
图表29:Underfill 材料分类



资料来源: 《集成电路先进封装材料》, 方正证券研究所

- 1) **毛细管底部填充 (CUF):** 依赖毛细作用将材料填充在芯片和芯片载体之间, 首先将一层助焊剂涂在带有凸点的基板上, 然后将芯片焊料凸点对准基板焊盘, 加热进行焊料回流, 使上下凸点互连, 接着通过溶剂喷雾等方式进行助焊剂清洗, 沿芯片边缘注入底部填充料, 底部填充料借助毛细作用会被吸入芯片和基板的空隙内, 最后加热固化。目前市场上大多数的底部填充料都是毛细管底部填充料, 广泛应用于包括手机在内的许多电子器件小尺寸芯片封装中。

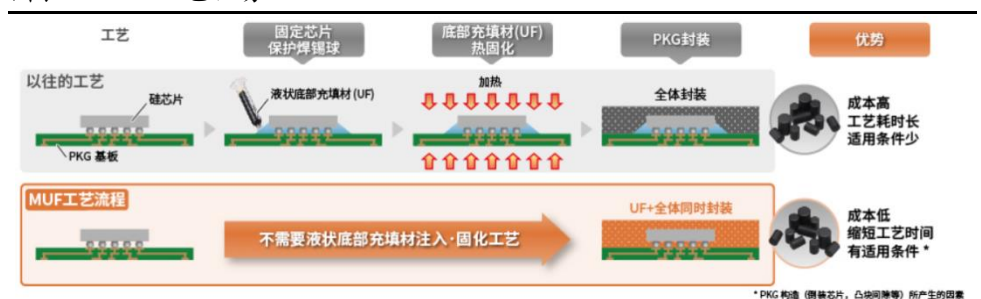
图表30:FC 封装中 CUF 的填充工艺过程



资料来源: Kistler, 中国工控网, 方正证券研究所

- 2) **塑封底部填充 (MUF)**: 将底部填充料的填充和器件塑封两个步骤统一, 在进行塑封的同时, 底部填充料进入芯片和基板间的空隙中, 随后一起固化、密封。塑封底部填充工艺 (MUF) 比毛细管底部填充工艺更简单、更快速。

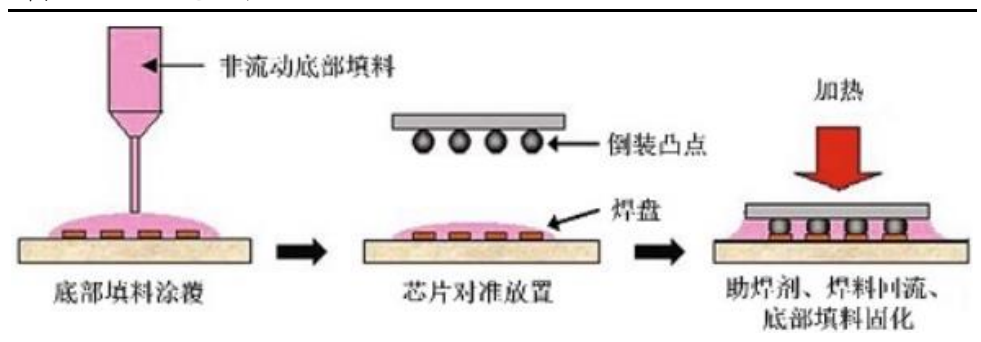
图表31:MUF 工艺优势



资料来源: panasonic, 方正证券研究所

- 3) **非流动底部填充料 (NUF)**: 该工艺不需要液体的毛细作用。在芯片和基板互连之前, 首先在基板表面涂覆非流动底部填充料, 然后在焊料回流过程中同时完成焊球互连和底部填充料加热固化两个过程。工艺比毛细管底部填充工艺省去了助焊剂的涂覆和清除步骤, 提高了生产效率。

图表32:NUF 工艺流程



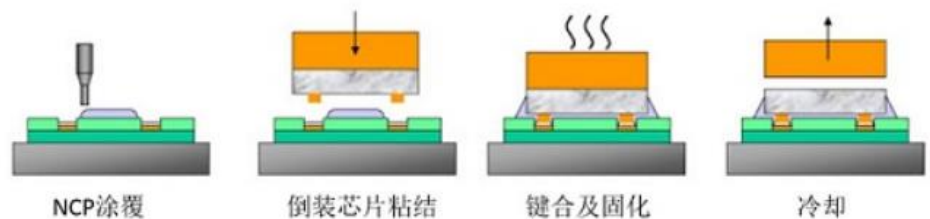
资料来源: 电子与封装, 方正证券研究所

- 4) **晶片级底部填充料 (WLUF)**: 该填充方式对应晶片级封装。在晶圆上通过合适的涂层工艺 (层压或涂覆等) 添加一层底部填充料, 并对底部填充料加热除

去溶剂进行预固化，然后通过平整化露出互连凸点，接着将晶圆进行切割以获得带凸点的单个组件，组件与基板通过表面安装工艺相连。

- 5) **非导电浆料 (NCP)**: 可以直接通过热压的方式，让凸点和焊盘直接接触实现电互连，省去了助焊剂相关的工序。材料在固化后仅仅起着形成机械连接并保持凸点和焊盘的接触压力的作用。

图表33: 面向窄节距凸点互连的 NCP 非流动底部填充技术工艺流程

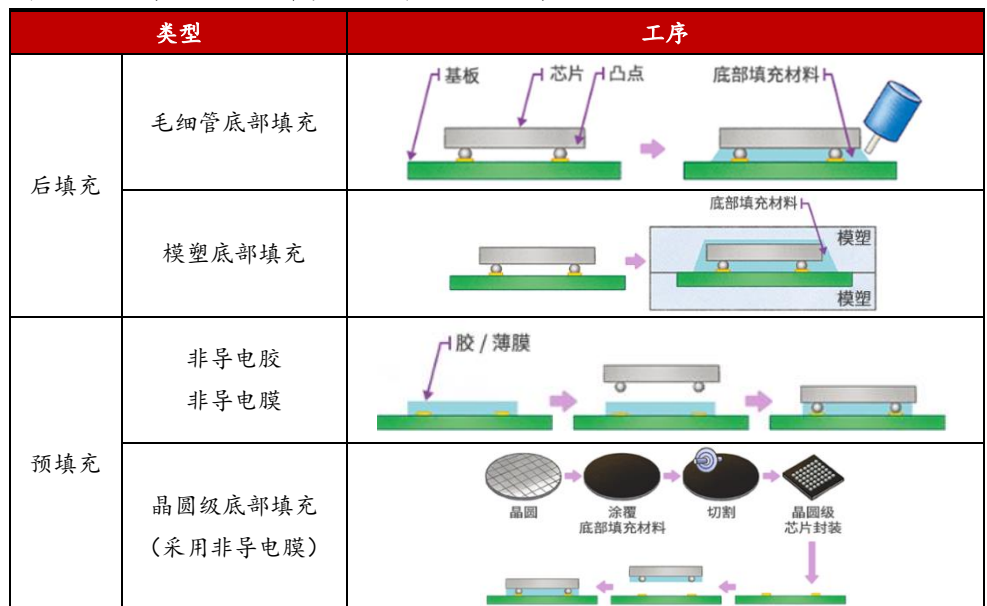


资料来源: 电子与封装, 方正证券研究所

- 6) **非导电膜 (NCF)**: NCF 材质柔软，可以夹在 PET (聚对苯二甲酸乙二醇酯) 之类的塑料薄膜中作为卷材使用，且作为薄膜材料可应用在圆片级封装中。

NUF 与 NCP/NCF 有所区别，NUF 的非流动性是将封装材料及助焊剂等焊料回流时同时进行焊球的互连过程，NCP/NCF 是一种非导电材料 (膜)，是利用倒装键合的热压方式将焊球互连及封装材料固化同步完成。

图表34: 不同类型的底部填充材料和相关工序



资料来源: SK 海力士, 方正证券研究所

2030 年 Underfill 市场规模将达 15.8 亿美元。受手机、电脑等便携式电子产品朝小型化、微型化、薄型化方向逐步发展，CSP/BGA 市场的普及率不断上涨促使相关封装工艺要求不断提升，同时 AI 应用蓬勃发展，促进先进封装需求高速增长，底部填充胶作为一类重要的封装电子胶黏剂，市场需求得以持续增长，在 CoWoS 等 2.5D 先进封装中，需要至少两次 Underfill 点胶工艺。据 GII 数

据，2022 年全球底部填充材料市场为 9.4 亿美元，预计 2023 年为 9.8 亿美元，往后看 2030 年有望增长至 15.8 亿美元，CARG 达 6.77%。

美日垄断市场，国内厂商加速量产。目前全球底部填充胶生产企业主要有德国汉高、美国 AIM Solder、日本昭和电工、日本松下、日本信越等国际企业，且市场份额主要由国际企业占据。近年国内厂商不断加速，德邦科技等中国企业，不断突破海外垄断，实现国产替代。

5 风险提示

竞争加剧风险；

下游需求不及预期风险；

国际环境变化风险

分析师声明

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，保证报告所采用的数据和信息均来自公开合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解，本报告清晰准确地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。研究报告对所涉及的证券或发行人的评价是分析师本人通过财务分析预测、数量化方法、或行业比较分析所得出的结论，但使用以上信息和分析方法存在局限性。特此声明。

免责声明

本研究报告由方正证券制作及在中国（香港和澳门特别行政区、台湾省除外）发布。根据《证券期货投资者适当性管理办法》，本报告内容仅供我公司适当性评级为 C3 及以上等级的投资者使用，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。若您并非前述等级的投资者，为保证服务质量、控制风险，请勿订阅本报告中的信息，本资料难以设置访问权限，若给您造成不便，敬请谅解。

在任何情况下，本报告的内容不构成对任何人的投资建议，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需求，方正证券不对任何人因使用本报告所载任何内容所引致的任何损失负任何责任，投资者需自行承担风险。

本报告版权仅为方正证券所有，本公司对本报告保留一切法律权利。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，不得将报告内容作为诉讼、仲裁、传媒所引用之证明或依据，不得用于营利或用于未经允许的其它用途。如需引用、刊发或转载本报告，需注明出处且不得进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

评级说明：

类别	评级	说明
公司评级	强烈推荐	分析师预测未来12个月内相对同期基准指数有20%以上的涨幅。
	推荐	分析师预测未来12个月内相对同期基准指数有10%以上的涨幅。
	中性	分析师预测未来12个月内相对同期基准指数在-10%和10%之间波动。
	减持	分析师预测未来12个月内相对同期基准指数有10%以上的跌幅。
行业评级	推荐	分析师预测未来12个月内行业表现强于同期基准指数。
	中性	分析师预测未来12个月内行业表现与同期基准指数持平。
	减持	分析师预测未来12个月内行业表现弱于同期基准指数。
基准指数说明		A股市场以沪深300 指数为基准；香港市场以恒生指数为基准，美股市场以标普500指数为基准。

方正证券研究所联系方式：

北京：西城区展览馆路 48 号新联写字楼 6 层

上海：静安区延平路71号延平大厦2楼

深圳：福田区竹子林紫竹七道光银行大厦31层

广州：天河区兴盛路12号楼隼峰苑2期3层方正证券

长沙：天心区湘江中路二段36号华远国际中心37层

网址：<https://www.foundersc.com>

E-mail：yjzx@foundersc.com