

# 第一章 半导体激光加工设备产业概述

## 一、半导体激光加工设备定义与应用

半导体激光加工设备是指在半导体生产环节中通过激光技术对硅片、晶圆及芯片进行加工的工具,按照不同工艺环节的用途,主要可以分为:激光划片设备、激光打标设备、激光解键合设备、激光 Trimming 设备等。激光加工具有输出能量集中、稳定的特点,能够较好地处理传统工艺方法较难处理的硬度大、熔点高的材料,目前已经在硅片制造、晶圆制造及封装环节发挥着至关重要的作用。

在硅片制造阶段,为了实现硅片及外延片的追踪标记,需要使用**晶圆激光打标设备**对其进行两次打标,保证晶圆的稳定可追溯性。在芯片级封装(0 级封装)阶段,为了实现圆片的测试、减薄、划切工艺,与之对应的主要封装设备有圆片探针台、圆片减薄机、砂轮和**激光划片设备**等。在元器件级封装(1 级封装)阶段,为了实现芯片的互连与封装工艺,与之对应的主要封装设备有黏片机、引线键合机、芯片倒装机、塑封机、切筋成型机、引线电镀机和 **IC 激光打标设备**等。在此阶段,为了实现圆片级芯片尺寸封装 (WLCSP)工艺,相应的主要封装设备还有植球机、圆片凸点制造设备、圆片级封装的金属沉积设备及光刻设备等。随着技术的发展,插装型封装(如 DIP)所占的市场份额逐渐萎缩,而倒装芯片封装(Flip Chip)、扇外型封装(Fan-out)、圆片级封装(WLP)、系统级封装(SiP)和三维(3D)封装等先进封装技术越来越成为主流。与此同时,先进封装设备也在不断涌现和升级如用于超薄圆片处理的**激光临时解键合设备**、晶圆键合机等。

在后摩尔时代, AI 芯片的算力提升和功耗降低越来越依靠具有硅通孔、微凸点、异构集成、Chiplet 等技术特点的先进封装技术,也将带来用于晶圆与晶圆堆叠工艺的**激光晶圆解键合设备**及**激光 Trimming 设备**等新兴激光加工设备需求。

## 二、主要半导体激光加工设备介绍及技术原理

### （一）激光划片设备

激光划片机是一种利用高能激光束照射在晶圆等被加工物表面或内部，通过固体升华或蒸发等方式对被加工物进行切割或开槽的精密设备。根据激光技术原理的不同，激光划片机分为干式激光划片机和微水导激光划片机。根据设备自动化程度的不同，激光划片机分为半自动激光划片机和全自动激光划片机。激光划片机主要应用于切割硅晶圆、蓝宝石、低介电常数材料、MEMS、薄膜太阳能电池等半导体及光电材料。

干式激光划片机的激光加工方法主要分为烧蚀加工和隐形切割。

表 1 干式激光加工方法及具体应用

干式激光加工方法	具体内容	应用领域
烧蚀加工	<ul style="list-style-type: none"><li>➢ 烧蚀加工是指将激光能量在极短的时间内集中于圆片等被加工物表面的微小区域内，使划切道内固体熔化、汽化的开槽加工或全切割加工方式。</li><li>✓ 激光开槽加工是在圆片等被加工物表面切割出深度约为材料总厚度 1/4~1/3 的凹槽，然后通过裂片工艺将圆片等被加工物沿划切槽分裂从而获得芯片 (Die)。</li><li>✓ 激光全切割加工是直接切穿圆片等被加工物整个材料厚度并分离获得芯片，芯片由于热作用不会自动分离，因而需要通过扩晶过程进行分离。</li></ul>	Low-k 膜/氮化铝/氧化铝陶瓷、硅/砷化镓和蓝宝石等材料
隐形切割	<ul style="list-style-type: none"><li>➢ 隐形切割是指将激光能量聚集于圆片等被加工物内部，利用特殊波长控制激光仅打乱硅的原子键，在圆片内部产生变质层，再通过扩展胶膜等方法将被加工物分离成芯片的加工方式。</li></ul>	抗污垢性能差的工件；抗负荷能力差的工件 (MEMS)

资料来源：浙江省半导体行业协会，集微咨询 (JW Insights)

传统金刚石切割、传统激光切割和隐形激光切割都是热切割范畴，不可避免存在热效应，热影响区较大、热变形严重等问题，微水导切割技术作为一种冷切割工艺，具备无热效应、无污染、使用成本低等优点。微水导激光切割技术原理是将高压水经过耦合装置从高压转化为低压（ $30 \times 10^5 \text{Pa} \sim 500 \times 10^5 \text{Pa}$ ），产生一束约为发丝大小（ $21 \mu\text{m} \sim 85 \mu\text{m}$ ）的微细水射流束，把激光聚焦在喷嘴的出口位置，激光在水和空气的接触面发生反射，水柱作为波导将激光通过全反射的方式

在水中传播，使其作用在晶圆材料的表面，通过激光束的照射烧蚀完成对晶圆的切割。

利用干式激光烧蚀加工进行开槽或全切割，具有切割槽窄、非接触、速度快等优点，但存在材料重凝、热影响区裂纹、晶粒强度等问题；干式激光隐形切割可以抑制加工碎屑的产生，对被加工物正/反面基本无损伤，无须清洗，适用于抗污染性能差、抗负荷能力差的被加工物。微水导激光切割无热影响区完全不烧伤被加工物，划切道干净、无熔渣、无毛刺、无机械应力、无污染。

## （二）激光解键合设备

激光解键合设备是一种在室温下不使用化学物质进行低应力剥离工艺的设备。激光解键合工艺主要是利用激光穿过透明载板，光子能量沉积在光敏响应材料层，进而诱发材料的快速分解、汽化甚至等离子化而失去粘性。激光解键合设备根据应用环节不同分为激光临时解键合设备及激光晶圆解键合设备。激光临时解键合设备目前主要用于封测环节中临时键合及解键合工艺，激光晶圆解键合设备仍然为当前业内厂商研发突破的重点方向，可应用于晶圆制造环节 3D 堆叠领域，如 HBM、3D NAND 等产品方向，用于解晶圆与晶圆键合。

临时键合及解键合是指将晶圆临时键合至刚性的承载(玻璃或蓝宝石)衬底上，以便进行减薄及所需的一系列工艺处理的过程。该技术在硅基 TSV 互连工艺和 3D 堆叠集成封装领域应用广泛。随着时代的进步，计算机、通信、汽车电子、航空航天工业及其他消费类产品对集成电路封装提出了越来越高的要求，如更小、更轻、更薄、更多功能和更低成本。为了满足这些要求，**需要将圆片磨薄至 100pm 以下**，圆片与圆片之间通过硅通孔垂直互连，从而实现**高密度 3D 叠层封装**，从另一个角度突破摩尔定律。柔性、易碎、翘曲是减薄后晶圆的特点，这就需要将薄晶圆通过中间材料键合到较厚的载体上，晶圆与键合载片键合后，键合载片可以为晶圆提供机械支撑，经过背部减薄、TSV 开孔、重布互连工艺后，再输入外界能量(光、电、热及外力)使黏层失效，将晶圆从键合在载片上分离。临时键合与解键合 (TBDB) 技术主要包括机械剥离法、湿化学浸泡法、热滑移法和激光解键合法。

表 2 不同 TBDB 技术总结

TBDB 技术	解键合温度	耐受温度	优点	缺点
机械剥离法	室温	< 300°C	在室温下解键合，成本低	破片率较高，产能低
湿化学浸泡法	室温	< 300°C	在室温下解键合，成本低	产能过低
热滑移法	150-235°C	< 250°C	工艺简单，成本低	产能低，仅适用小尺寸晶圆解键合
激光解键合法	室温	< 350°C	产能高，工艺窗口宽，能够满足大于 8 英寸的大尺寸晶圆的解键合	设备成本高

资料来源：浙江省半导体行业协会，集微咨询 (JW Insights)

激光解键合具有可在室温下解键合、高通量、低机械应力和环境友好等优点，在大尺寸超薄晶圆的制造方面逐渐得到了广泛的关注和应用，有望为高端超薄芯片制造过程中的易破损和吞吐量低等困境提供可行性解决方案。鉴于激光解键合在高应力晶圆处理方面具有高度的灵活性，能够在传统的后端设备上进行先进的封装流程。例如，激光解键合的宽工艺窗口更适合应用于扇外型晶圆级封装 (FOWLP)。另外，激光解键合工艺能够避免表面能、温度行为和溶剂渗透的依赖性，并与后续半导体制程工艺相兼容。

随着人工智能的火爆，面向 AI 应用的高性能芯片的需求持续增加，为了满足 AI 芯片高算力、低功耗以及小型化等的需求，除了通过微缩工艺提高芯片集成度外，下一代半导体还将采用晶圆到晶圆永久键合技术进行三维封装。在目前的晶圆永久键合工艺中，采用先将表面带有集成电路的两片硅晶圆永久键合后，通过研磨加工技术，削薄并去除上层硅晶圆的方法完成。然而，随着先进半导体器件的堆叠层增加，研磨工艺中的应力、研磨工艺后的薄膜脱离以及边缘修整区域的扩大 (硅晶圆上有效芯片数量减少) 会导致成品率降低问题，通过激光解键合技术去除上层硅晶圆的方式，简化并取代现有的采用研磨加工技术的减薄过程中晶圆背面研磨、抛光和湿法蚀刻等多道工序步骤，在解决现有减薄工艺的不良率问题起到了突破性的进展。

### （三）激光打标设备

激光打标是用激光在硅片、晶圆或封装好的芯片表面打上序列号、生产日期，商标、芯片代码等标记，便于追踪和识别。一般在硅片制造的开始到晶圆制程直至封装制程的结束，均需要用到激光打标。根据打标精度不同，激光打标可分为晶圆激光打标设备和 IC 激光打标设备。

目前集成电路生产线上使用的打标设备基本都是激光打标机。其作用原理是指用激光束使表层物质发生化学物理变化而刻出痕迹，或者使器件表层物质产生蒸发而露出深层物质，或者通过光能烧掉部分物质，显示出所需的图形、文字。按其工作方式的不同，激光打标机可分为光纤激光打标机、CO<sub>2</sub> 激光打标机、半导体侧泵激光打标机、半导体端泵激光打标机等。激光打标具有非接触式加工，污染小，标记速度快，字迹清晰无磨损，可长久使用，操作方便，防伪功能强等优点。

### （四）其他激光加工设备

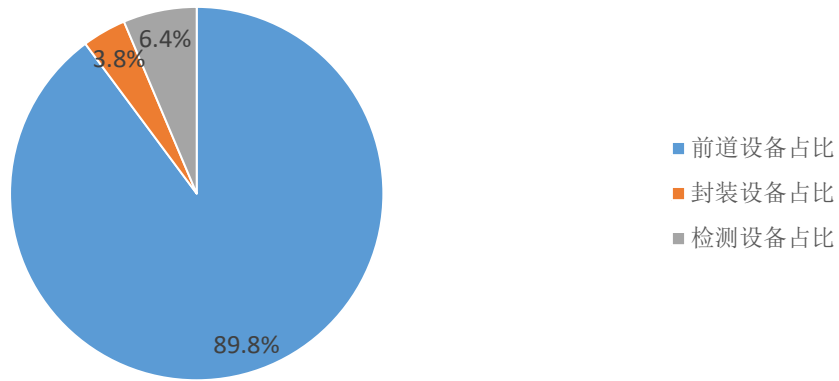
除上述设备以外，仍有很多激光加工设备在半导体产业环节存在广泛的应用场景。在晶圆与晶圆键合后的切边环节，作为一种新兴的激光加工设备，激光 Trimming 设备可替代传统砂轮方式对器件边缘区域进行剪切处理，有效避免圆片减薄过程中的碎边；在集成电路、分立器件封装溢料的去除工序过程中，可使用激光去溢胶设备去除引线框架上在塑封步骤由于引线框架变形以及框架带突起导致的溢胶；在封测环节中，激光打孔设备可用于 TGV 辅助手段，在陶瓷、薄膜等材料上进行精密化激光打孔。此外还有激光开封机、激光辅助邦定等设备也在半导体封测及先进封装领域得以应用。

## 第二章 半导体设备行业发展现状及预测

### 一、全球半导体设备市场结构

在 IC 封装测试过程中，主要工艺包括背面减薄、晶圆切割、贴片、引线贴合、模塑、切筋/成型和成品检测七个主要工艺。这些主要工艺又可细分为具体工艺，不同具体工艺都需要不同的半导体设备以满足 IC 封装测试中不同的需求。封装过程需用到减薄机、划片机、固晶机、烤箱、引线键合机、注塑机以及切筋/成型设备等。封装结束后做最后的成品测试，主要用到测试机、探针台、分选机等。相比于 IC 制造，IC 封测工艺相对简单，对工艺环境、设备等的要求远低于 IC 制造。在整个半导体设备市场中，封装及组装设备大约占 3.8%，检测设备大约占 6.4%。随着先进封装的进一步推进，核心的先进封装设备将迎来创新的“蓝海”市场，将成为实现国产化设备的关键突破口之一。

图 1 2023 年全球半导体设备市场结构



资料来源：SEMI, 浙江省半导体行业协会, 集微咨询 (JW Insights)

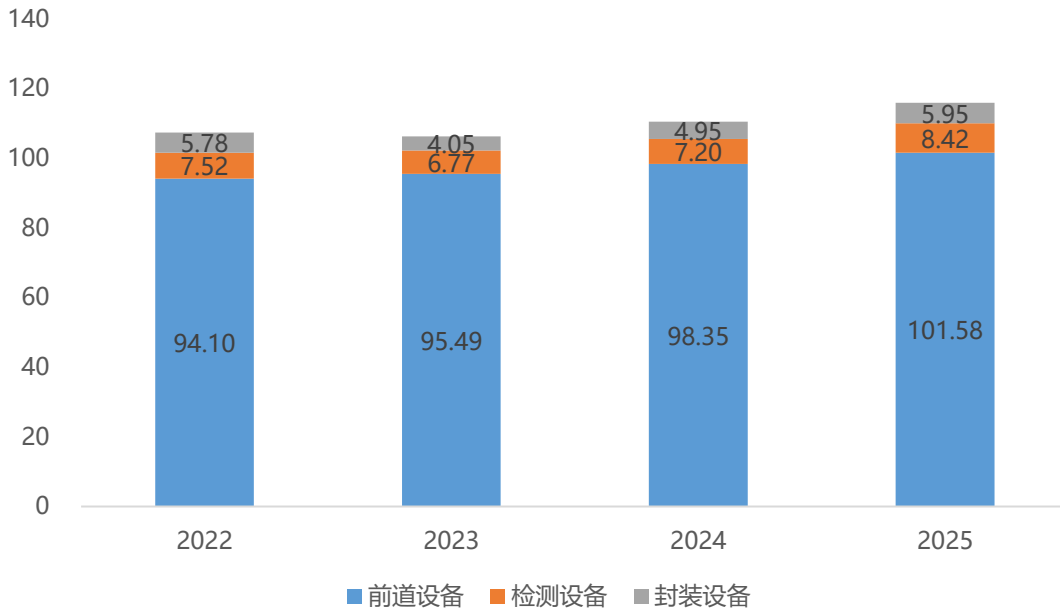
### 二、半导体设备行业发展现状及预测

#### (一) 全球半导体设备产业发展状况

半导体设备作为贯穿半导体全产业链的技术先导者，是半导体产业发展的基础和关键支撑。近年来半导体设备行业表现出较高的增长态势，但自 2023 年起受下游晶圆厂以及存储器厂商产能利用率下滑，同时叠加高库存水平影响，产业

的周期性调整趋势逐步传导至上游半导体设备行业。据 SEMI 统计，2023 年全球半导体制造设备销售额从 2022 年的 1076 亿美元的历史记录小幅下降 1.3%，至 1063 亿美元。预计半导体制造设备将在 2024 年恢复增长，在前端和后端市场的推动下，2025 年的销售额预计将达到 1160 亿美元的新高。

图 2 2023 年全球半导体设备市场规模（十亿美元）



资料来源：SEMI, 浙江省半导体行业协会, 集微咨询 (JW Insights)

## (二) 全球半导体前道设备产业发展情况

按细分市场划分来看，包括晶圆加工、晶圆厂设施和掩模/掩模版设备在内的前道设备领域在 2023 年增长达到 955 亿美元。同时，由于存储芯片产能增加有限和成熟产能扩张暂停，晶圆厂设备领域的销售额预计在 2024 年将比 2023 年增长 3%。随着新的晶圆厂项目、产能扩张和技术迁移将投资提高到超 1000 亿美元，预计 2025 年将进一步增长 3%。

## (三) 全球半导体封装设备市场规模

全球半导体封装设备市场规模整体保持向上趋势，近两年由于下游消费、工业等多领域需求持续疲软，封测行业尤其是传统封测景气度自 2022 年开始持续

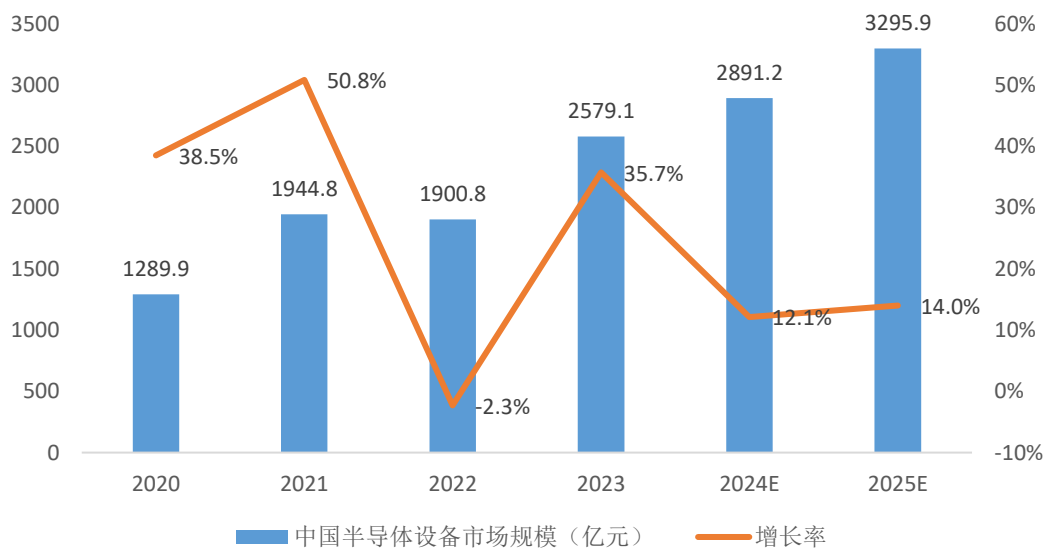
下滑，并将延续至 2023 年。根据 SEMI 数据，2023 年全球封装设备市场规模下降 30%达 40.5 亿美元，预计 2024 年市场需求回暖，增长 22%达到 49.5 亿美元，预计 2025 年后道设备继续增长，封装设备市场规模将增长 20%达 59.5 亿美元。

### 三、中国半导体设备产业发展情况

#### （一）中国半导体设备产业市场规模

近几年，我国半导体设备行业在下游快速发展的推动下，保持快速增长。据数据，2023 年中国半导体设备市场规模为 2579.1 亿元，同比增长 35.7%。我国半导体设备行业市场规模在 2020-2023 年的年复合增长率为 26.0%，增速明显高于全球。在产能扩张、晶圆厂项目以及前端和后端对先进技术和解决方案的高需求的推动下，2025 年中国半导体设备市场规模将有望达 3295.9 亿元。

图 3 中国半导体设备市场规模（亿元）



资料来源：SEMI，浙江省半导体行业协会，集微咨询（JW Insights）

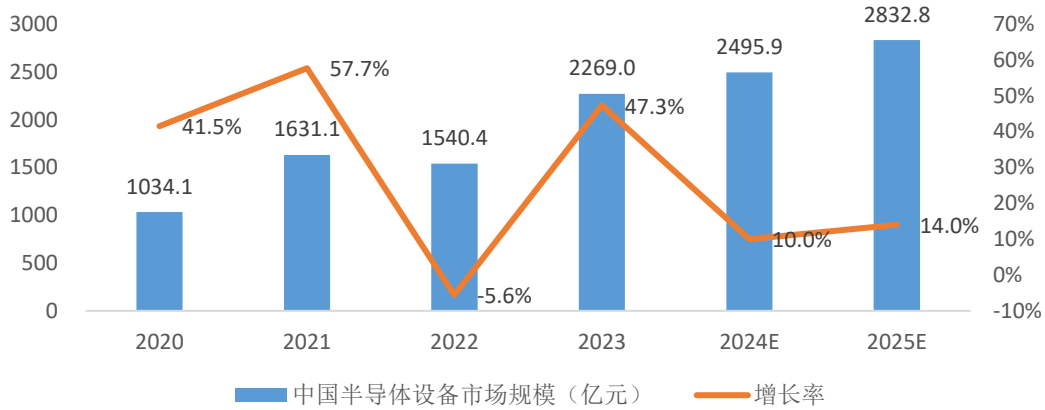
#### （二）中国半导体前道设备市场情况

从现阶段国内半导体设备厂商产品覆盖情况来看，国产设备厂商正积极布局半导体前道设备市场。2023 年国内晶圆产线扩产叠加国产替代增加设备储量等



因素，拉动我国半导体前道设备市场迅猛增长 47.3%达 2269 亿元，预计 2025 年达 2832.8 亿元。

图 4 中国大陆半导体前道设备市场规模

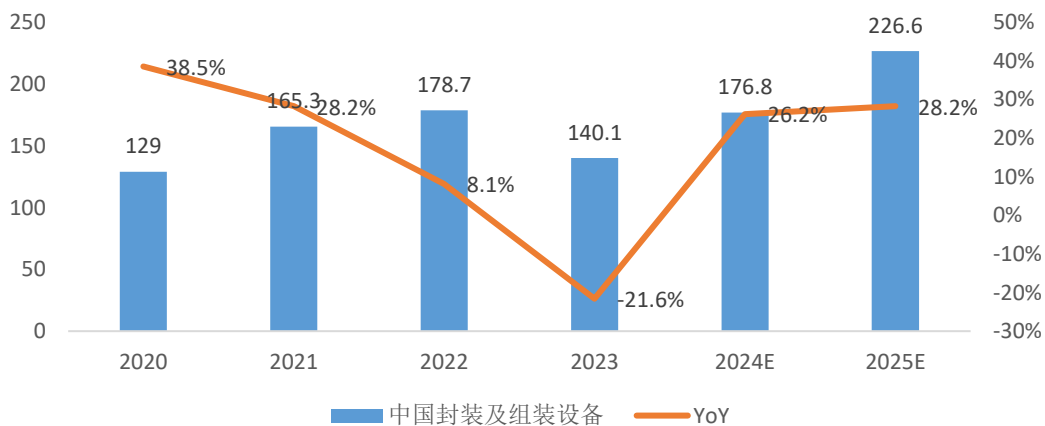


资料来源: SEMI, 浙江省半导体行业协会, 集微咨询 (JW Insights)

### (三) 中国半导体封装设备产业市场规模

受全球经济增速下行和整体宏观经济周期等因素影响，消费电子等终端市场前景气度及需求有所下滑，叠加芯片厂商库存较高及封测市场产能分化严重，2023 年中国封装设备市场下滑 21.6%，市场规模达 140.1 亿元。随着龙头封测公司 2023 年扩产规划指引将带动中国封装设备整体市场向好，预计 2024 至 2025 年中国封装设备市场有望迎来高速增长，预计 2025 年市场规模将达 226.6 亿元。

图 5 中国半导体封装设备市场规模 (亿元)



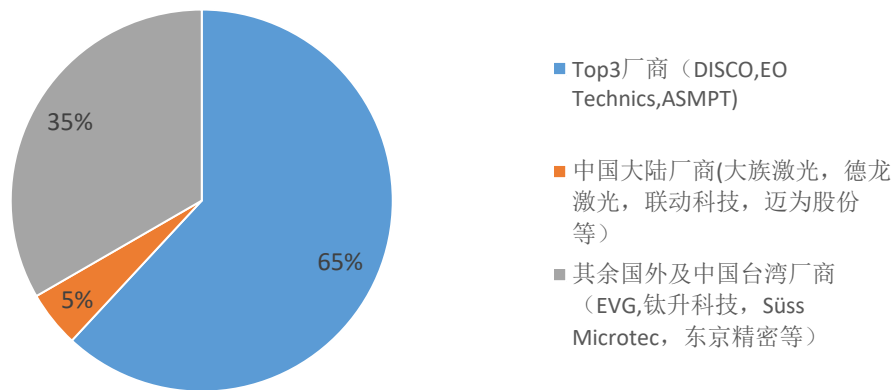
资料来源: SEMI, 浙江省半导体行业协会, 集微咨询 (JW Insights)

## 第三章 中国半导体激光加工设备行业竞争格局

### 一、全球竞争格局

由于半导体激光加工设备领域技术门槛较高，国内厂商起步较晚，参与竞争的企业数量较少，目前全球半导体激光加工设备的市场格局主要由国际厂商主导。国际厂商主要有 DISCO，EO Technics，ASMPT，EVG，Süss Microtec，东京精密等厂商，其中 2023 年全球排名前三的厂商（DISCO，EO Technics，ASMPT）市场份额占比约 65%，在细分设备领域均呈现龙头垄断的态势。中国大陆厂商主要有大族激光，德龙激光，联动科技，迈为股份等，占比约 5%，市场份额较低。其余国外厂商及中国台湾厂商包括 EVG, 钛升科技, Süss Microtec, 东京精密等从事半导体激光加工设备的厂商，市场份额占比约 35%。

图 6 2023 年全球激光加工设备厂商市场份额



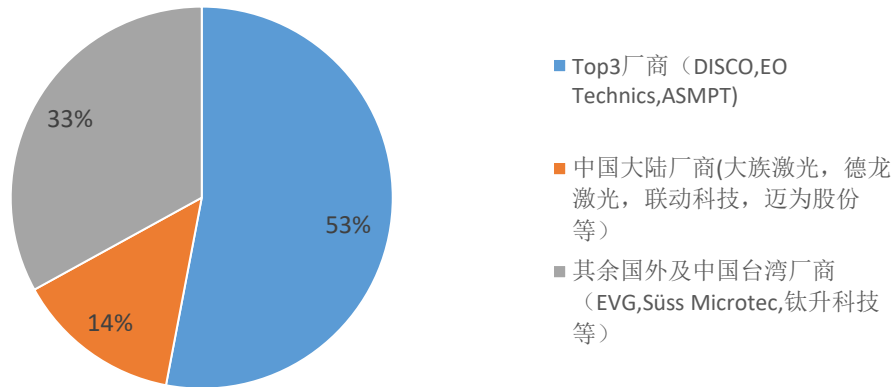
资料来源：浙江省半导体行业协会，集微咨询（JW Insights）

### 二、中国竞争格局

国际三大龙头厂商 DISCO，EO Technics，ASMPT 占据中国超五成的市场，市场份额约 53%，在细分设备领域均呈现龙头垄断的态势。国内专注于半导体激光设备的企业较少，主要为德龙激光、联动科技（激光打标）等，近几年随我国集成电路产业和激光技术的发展，更多传统激光设备厂商逐步开拓半导体业务，

如大族激光、迈为股份、华工科技等，然而目前呈现一定销售规模体量的企业较少，大族激光和德龙激光在大陆厂商营收靠前，整体来看国内厂商仍处于起步发展阶段，国内厂商在中国半导体激光设备市场份额占比不足 15%。

图 7 2023 年中国激光加工设备厂商市场份额



资料来源：浙江省半导体行业协会，集微咨询 (JW Insights)

细分设备市场竞争情况来看，在集成电路的高精度发展要求下，半导体激光划片市场由 DISCO 和东京精密两家日本企业垄断，国内在此领域布局的厂商主要有大族激光、迈为股份、德龙激光、华工科技等。在激光打标市场，韩国 EO Technics 占据较大市场份额，该市场发展相对成熟，国内厂商主要有大族激光、迈为股份、德龙激光等。在激光解键合设备领域，国际一流晶圆激光解键合设备厂商主要包括奥地利 EVG 公司与德国 SUSS MicroTec 公司等，国内厂商使用的设备主要为进口设备，如奥地利 EVG 研发的 EVG850 系列解键合设备和德国 SUSS 研发的 LD12 解键合设备，国内企业主要有大族激光在解键合领域有相关设备。

### 三、半导体激光加工设备行业主要参与企业

#### (一) DISCO

日本 DISCO 公司成立于 1940 年，是一家专注于切、磨、抛技术的全球知

名半导体设备厂商。公司主要从事刀片切割机、激光切割机、研削机、抛光机、表面平坦机、晶圆贴膜机、芯片分割机等精密加工设备；切割刀片、研削磨轮、干式抛光磨轮等精密加工工具研发、生产和销售。公司产品广泛应用于半导体精密加工及玻璃、陶瓷等硬脆材料的切割、研磨和抛光领域，在半导体刀片切割及激光切割设备市场处于全球领先地位。

## **(二) Eo Technics**

Eo Technics 成立于 1989 年，主要从事半导体激光打标机和激光应用设备的制造和分销，在 IC 激光打标市场中处于领先地位。该公司的主要产品是激光打标机，用于在晶片表面，平板显示器(FPD)内部和其他材料上记录日期，名称和分类等信息。此外提供激光切割机，激光钻孔机，激光微调机，激光图案形成机等，应用于印刷电路板(PCB)，安全数字(SD)存储卡等中。同时该公司进口和销售光学产品，激光源气体及其他产品，以及 PCB 激光高位加工服务。

## **(三) ASMPT**

ASMPT (前称 ASM Pacific Technology Ltd.) 成立于 1975 年，总部位于新加坡，是全球领先的半导体和电子制造硬件和软件解决方案供应商。从芯片互连载体到芯片组装和封装，再到表面贴装技术 (SMT)，ASMPT 的产品包括从晶圆沉积和激光开槽到其他将精密电子和光学元件成型、组装和封装到范围广泛的最终用户设备中的解决方案，其中包括电子、移动通信、电脑、汽车、工业和 LED (显示器) 领域。

## **(四) EV Group**

EV Group (EVG) 成立于 1980 年，是为半导体、微机电系统 (MEMS)、化合物半导体、功率器件和纳米器件制造提供大批量生产设备和工艺解决方案的领先供应商。EVG 也是先进封装和纳米技术晶圆级键合及光刻技术领域公认的市场和技术引领者，供应的主要产品包括晶圆键合、薄晶圆加工和光刻/光刻纳米压印 (NIL) 设备，光刻胶涂布机，以及清洁和检测/计量系统。

## （五）大族激光

大族激光成立于 1996 年，是全球主要的工业激光加工设备生产厂商之一。大族激光是一家提供激光、机器人及自动化技术在智能制造领域的系统解决方案的高端装备制造企业，业务包括研发、生产、销售激光标记、激光切割、激光焊接设备、PCB 专用设备、机器人、自动化设备及为上述业务配套的系统解决方案。其子公司深圳市大族半导体装备科技有限公司主要研究应用于硅、碳化硅、砷化镓、氮化镓、陶瓷、蓝宝石、玻璃、柔性薄膜和金属等材料的加工工艺，生产制造和销售从精细微加工，到视觉检测等一系列自动化专业装备，广泛应用于集成电路制造、第三代半导体、LED、面板等制造领域。在半导体封测激光加工设备领域，主要产品为激光表切、全切设备、激光内部改质切割设备、激光打标设备、激光解键合设备等。公司持续推进激光剥离，激光全切以及 Mini-LED 修复等 LED 设备的技术升级和性能改善。第三代半导体技术方面，公司研发的碳化硅激光切片设备正在持续推进与行业龙头客户的合作。

## （六）钛升科技

钛升科技公司成立于 1994 年，为多个行业提供高性能自动化机器，包括半导体、LED、被动元件和医疗元件。该公司在美国、欧洲设有服务中心，在东南亚设有多个办事处，现已成功地成为这些高端设备半导体 IDM 厂的全球供应商，其中许多设备都使用激光。公司第一批激光器用于打标，当前生产的激光器支持各种微加工应用，例如钻孔、切割、划片和切槽。

## （七）德龙激光

苏州德龙激光股份有限公司成立于 2005 年，公司主营业务为精密激光加工设备及激光器的研发、生产、销售，并为客户提供激光设备租赁和激光加工服务。公司精密激光加工设备主要分为半导体及光学领域激光加工设备、显示领域激光加工设备、新型电子领域激光加工设备及新能源领域激光加工设备。在半导体封测激光加工设备领域，产品主要有晶圆激光隐形切割设备、晶圆激光开槽设备

(low-k)、激光打标机、激光钻孔设备等。在半导体及光学领域，公司主要客户包括华为(含海思)、中芯国际、长电科技、中电科、华润微、士兰微、敏芯股份、泰科天润、能讯半导体、三安光电、华灿光电、晶宇光电、舜宇光学、水晶光电、五方光电、美迪凯等。

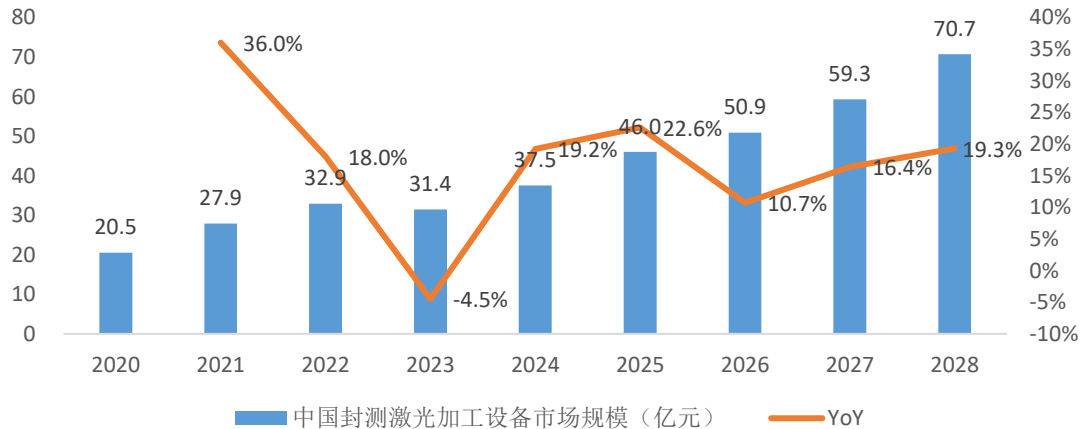
## 第四章 中国半导体激光加工设备市场情况

### 一、中国半导体激光加工设备市场规模

目前，随着半导体终端应用的升级和对芯片封装性能的提升，应用于硅片制造、晶圆制造、先进封装和传统封装领域的超精密激光加工设备将迎来蓬勃发展。受益于 20-22 年封测厂新增产线及产能扩增影响，中国半导体激光加工设备市场持续保持增长。然而历经 23 年半导体行业下行周期影响叠加封测厂产能不足影响，2023 年中国半导体激光加工设备市场下滑 4.5% 达 31.4 亿元，主要由于应用于封测环节的激光打标设备市场销售下滑所致。

5G、物联网、高性能运算等产品需求持续稳定增加，大量依赖先进封装，先进封装凭小型化、薄型化、高效率、多集成等优势 and 持续降本，成为“后摩尔时代”封测市场的主流。基于我国目前先进封装占比（39%）小于全球（48%），未来仍将有广阔增长空间，带动激光划片、激光打标及激光临时解键合等用于封测环节的激光加工设备进一步增长。同时，算力要求推动了 HBM 等新型存储器超百亿美元新兴市场，进而提升 TSV、CoWoS、3D 堆叠等先进封装工艺需求，并为用于晶圆制造环节的激光晶圆解键合、激光 Trimming 等新兴设备带来广阔发展空间。预计 2028 年中国激光加工设备市场规模有望达 70.7 亿元，CAGR（2024-28）为 17.2%。

图 8 中国半导体激光加工设备市场规模(亿元)



资料来源：浙江省半导体行业协会，集微咨询 (JW Insights)

## 二、细分激光加工设备市场

### （一）激光划片设备市场规模

在半导体封装环节中，需要采用切割工艺对晶圆进行划片，然而传统的金刚石切割、砂轮切割等接触式切割方式不可避免地会造成损伤，导致如晶圆出现崩缺、裂纹、钟化、金属层掀起等现象，严重影响切割质量。激光切割晶圆技术作为一种无接触式切割技术可以较好地解决这些问题。目前激光划片设备主要应用于硅片切割、碳化硅切割、特种晶圆切割等领域。

在硅片切割领域，采用传统的金刚石刀片切割硅片时，刀片切割线宽过大(50um~100um)会导致材料的浪费，并且刀片磨损及冷却液需求大也增加了切割成本，采用具有超窄切割路径的激光切割技术，则可避免碎屑清理和材料浪费带来的成本问题，进而提高芯片的生产率及良率；在碳化硅切割领域，由于碳化硅是一种硬度仅次于金刚石的超硬材料，机械加工难度非常高，在大尺寸（6英寸及以上）碳化硅晶体衬底材料的制备环节，激光切割技术相较于固定磨料（钻石电镀于钢线上）的线切割技术，其切割效率可提升3~5倍，并且由于不存在材料消耗的显著问题，激光隐切技术还可实现将碳化硅晶圆的产出率提高30%以上；在特种晶圆切割领域，由于低k材料与硅衬底的附着力较低，金刚石刀轮直接作用会导致low-k材料的飞溅，而采用激光切割技术对特种晶圆（例如带有芯片贴装薄膜或由低k材料制成的晶圆）进行切割，可避免碎裂和裂纹的产生，并实现高效率、高精度的晶圆切割。

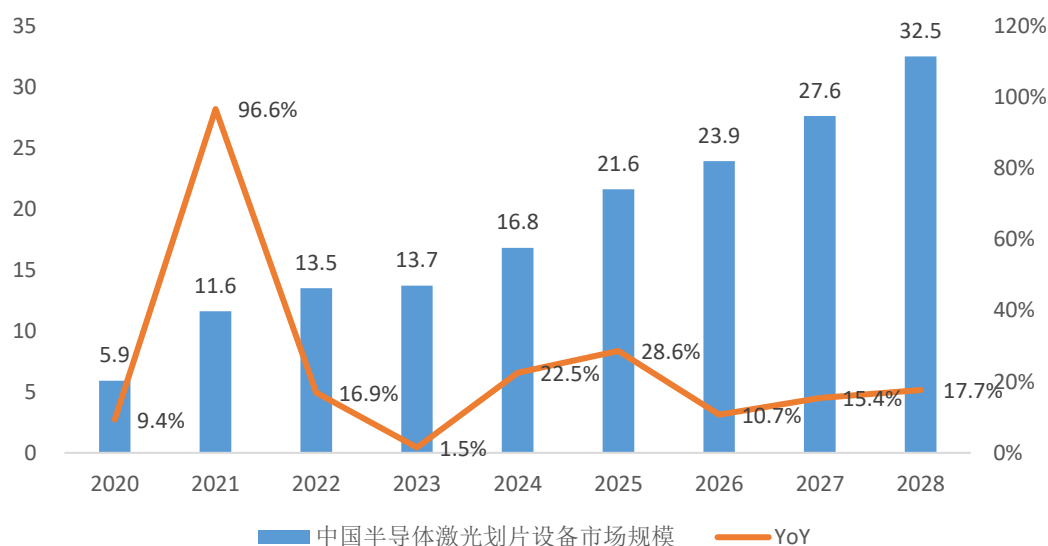
作为集成电路芯片制造中的一道关键工序，晶圆切割的质量效果直接影响芯片的性能，根据摩尔定律所述，半导体晶圆的厚度减小使得晶圆的脆性增加，在切割过程中更容易破裂，加之现集成电路芯片制造过程中常需加入的低k材料与衬底的附着度低，传统的金刚石切割晶圆技术难以满足高质量生产需求。开发激光切割的目的在于处理高性能半导体，其与刀片切割设备并未形成竞争，是一种场景互补的良性发展关系，随着近年来高性能半导体市场持续高景气，激光切割设备销售增速更高，其占划片机市场比例逐年提升。

目前，刀片切割约占整体划片市场份额的75%，主要用于切割较厚的晶圆



( $>100\mu\text{m}$ )，其中金刚石切割是主流刀片技术。激光切割约占整体划片市场份额的 25%，主要用于切割较薄的晶圆 ( $<100\mu\text{m}$ )，具有切割速度快、精度高、避免损伤等优点。目前 IC 圆片工艺正向 10nm 以下工艺节点发展，集成电路领域晶圆低 k 材料的应用越来越多，激光切割正好可以满足无外力、切割宽度小、切割品质高等需求。同时叠加第三代半导体 SiC 在功率器件应用渗透率的提升、先进封装技术迭代驱使下超薄晶圆的需求提升，未来将带动半导体激光划片设备市场占有率进一步提升，预计 2025 年有望占比达划片机市场的 30%。据数据，2023 年中国激光划片设备市场规模约达 13.7 亿元，同比增长 1.5%，预计 2028 年达 32.5 亿元，CAGR (2024-28) 为 17.9%。

图 9 中国半导体激光划片设备市场规模(亿元)



资料来源：浙江省半导体行业协会，集微咨询 (JW Insights)

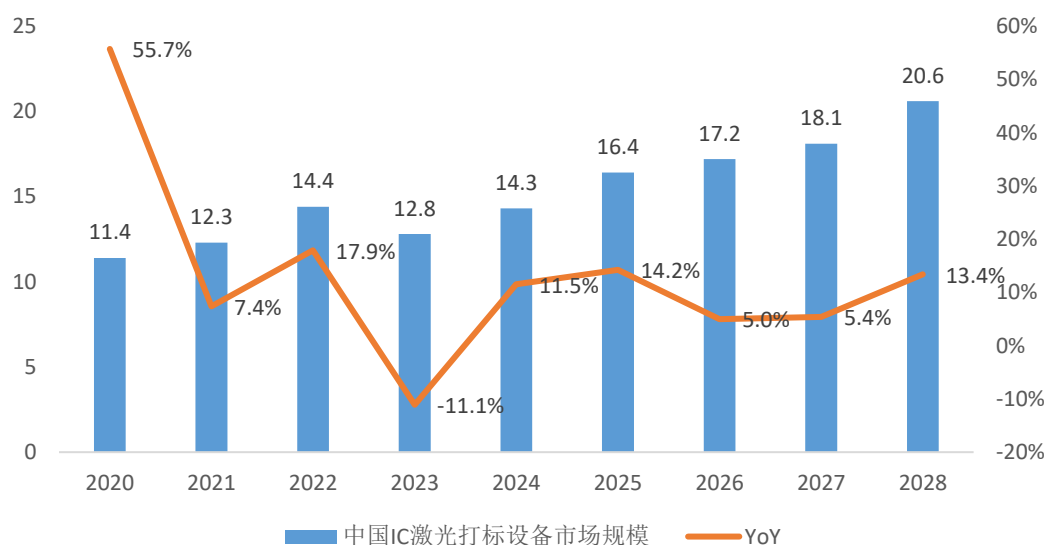
## (二) 激光打标设备市场规模

激光打标是一种非接触、无污染、无磨损的新标记工艺。近年来，随着激光器的可靠性和实用性的提高，加上计算机技术的迅速发展和光学器件的改进，促进了激光打标技术的发展。目前集成电路生产线上使用的打标设备基本都是激光打标机。激光打标机从半导体工序来讲可分为，晶圆激光打标设备和后道 IC 激光打标设备，后道 IC 激光打标设备市场规模至少是晶圆激光打标设备的十倍以上。

伴随集成电路的迭代发展，芯片朝着集成度越来越高、体积越来越小、更新越来越快的趋势发展，由于器件的应用及封装类型不同，芯片封装生产更是具有品种多、批量小的特点，因此在生产线中对于芯片的标记区分尤为重要。IC 的封装方式一般为托盘包装或编带式包装这两种，这样贴装的效率也更高，每道工序的速度非常快，所以激光打标机需要有快速和精确可控的打标方案，一般而言，标记速度超过 1000 字符/秒，材料穿透深度小于 25 $\mu$ m。伴随先进封装技术的发展，对于激光打标也提出更高的要求，目前行业内使用较多的设备是韩国 EO Technics 的产品，近几年随 3D 封装方式的兴起及国内封装产线的大力扩建，对于 IC 激光打标设备需求愈发强烈，国内外知名激光设备公司也纷纷研发 IC 激光打标设备及其替代方案。

据统计，2023 年中国激光打标设备市场规模达 12.8 亿元，同比下滑 11.1%，主要受芯片厂订单量下滑叠加封测市场产能不足等因素所致。相比其他激光加工设备市场，激光打标设备市场目前相对成熟稳定，未来将保持平稳增长。预计 2028 年有望达 20.6 亿元，CAGR(2024-2028) 为 9.4%。

图 10 中国激光打标设备（包含晶圆及 IC 打标）市场规模(亿元)



资料来源：浙江省半导体行业协会，集微咨询 (JW Insights)

### （三）激光解键合设备市场规模

#### 1、半导体激光解键合设备市场规模

随着 5G、人工智能和物联网等新基建的逐步完善，单纯依靠缩小工艺尺寸来提升芯片功能和性能的方法已经难以适应未来集成电路产业发展的需求。为满足集成电路的多功能化及产品的多元化，通过晶圆级封装技术克服摩尔定律物理扩展的局限性日趋重要。目前，在晶圆级封装正朝着大尺寸、三维堆叠和轻薄化方向发展的背景下，临时键合与解键合（TBDB）工艺应运而生。根据解键合方式的不同，TBDB 工艺主要分为机械剥离、湿化学浸泡、热滑移和激光解键合 4 种方法。

不同的 TBDB 技术各有其优缺点，分别适用于不同的应用场景。

表 3 TBDB 技术方法及适用场景

TBDB 技术方法	适用场景
机械剥离法	对于不需要高温电介质的沉积和装配工艺，通常选用热活化温度低于 200°C 的临时键合胶。采用机械剥离法即可满足解键合的需求。机械剥离的过程可以在室温下进行，但使用刀片剥离器件会引发破片率过高的问题。
湿化学浸泡法	湿化学浸泡法能够使器件晶圆在剥离时几乎不受应力影响，但该过程需要消耗很长时间和大量溶剂。
热滑移法	由于需要在特定高温下对晶圆施加滑动力，这必然会产生由机械应力引起的额外碎片风险。
激光解键合法	激光解键合法能够穿过透明载板，仅在界面附近烧蚀几百纳米的响应层，而不会对器件晶圆造成影响，在低于 10 N 的脱粘力下就可以去除载板，这大大降低了薄晶圆破碎的风险，同时能够将聚焦激光束的焦平面精确控制在响应层界面的区域。这些都保证了激光束仅对光敏响应层选择性地烧蚀，从而降低超薄器件和承载晶圆的损伤风险。

资料来源：知网，浙江省半导体行业协会，集微咨询（JW Insights）

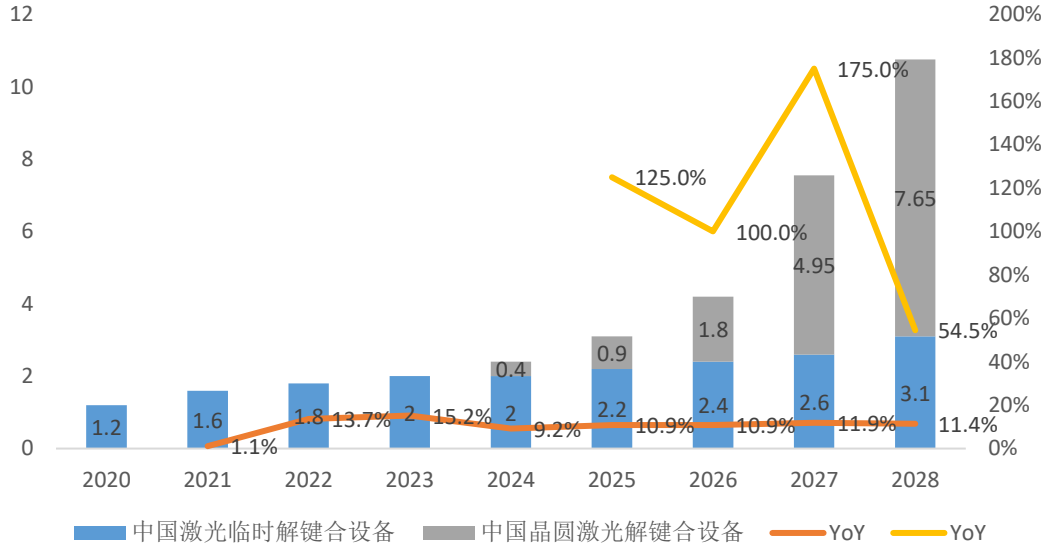
因此，机械剥离法和热滑移法通常适用于 8 英寸以下的器件晶圆的加工，鉴于低成本，在较低温（200°C 以下）半导体制程工艺的应用场合占有很大的市场份额。激光解键合技术适用于 8 英寸以上的器件晶圆的加工，有望满足高密度、大尺寸、超薄器件晶圆剥离的要求。从解键合工艺来讲，激光解键合技术凭借其具备的在室温下解键合、高通量、低机械应力和环境友好等优点，依然是未来 TBDB 技术的主流方向。

临时键合和解键合设备在先进封装中具有不可或缺的重要意义。在 Chiplet 技术中，为了缩小芯片体积、提高芯片散热性能和传导效率等，晶圆减薄工艺会被大量应用，为了不损伤减薄中以及减薄后晶圆，需要将晶圆片与玻璃基板临时键合并在完成后续工艺后最终解键合。同时在 Chiplet 技术路线下，Fan-out、CoWoS 等封装工艺路线都要经过单次或多次的临时键合及解键合工艺来实现芯粒互联。

目前，临时键合和解键合设备仍然是一个相对较小的利基市场，但已经应用于较多超越摩尔领域，如 3D TSV 平台，扇出晶圆级封装(FO WLP)，MEMS 和传感器，电源器件和光电子应用。据调研，目前激光解键合设备在临时键合与解键合设备市场中占比约 40%，预计 2028 年占比有望提升至 55%。据统计，2023 年中国激光临时解键合设备市场规模达 2 亿元，受益于先进封装的应用驱动，2028 年有望达 3.1 元，CAGR(2024-2028) 为 10.9%。

Chiplet、3D-IC 等先进封装技术仍处于发展阶段，人工智能、高性能计算等市场需求将加速集成电路的发展，不断牵引先进封装向前发展突破，应用于 HBM、3D NAND 等晶圆与晶圆永久性键合去除上层硅晶圆实现堆叠结构的方式也是目前业内的前沿技术。受益于异构集成技术的快速发展，晶圆解键合设备未来有极大的发展空间，预计市场规模有望从 2024 年的 0.4 亿元成长至 2028 年的 7.65 亿元，CAGR(2024-2028) 为 109.1%，带动整体激光解键合设备市场保持 44.9% 的年复合增速成长，整体激光解键合设备市场规模 2028 年有望达 10.7 亿元。

图 11 中国激光解键合设备市场规模（亿元）



资料来源：浙江省半导体行业协会，集微咨询（JW Insights）

## 2、Micro Led 激光解键合设备市场规模

电子显示屏的诞生，改变了视觉信息的承载和传递方式，支撑了现代信息社会的发展。具备高亮度、高对比度、快响应速度、长寿命等优点的高质量显示屏更是未来智能化信息传递的关键枢纽，在国防军事、生活中发挥重要作用。从目前主流显示屏 LCD，OLED 到 Mini/Micro LED，因工作原理、材料的不同，各类显示屏的性能各不相同。LCD 因制作成本较低，是日常生活中广泛使用的显示屏，但其利用背光源发光，需通过改变电场中液晶分子的排列来调制背光的光强，仅能实现毫秒级的响应速度，且发光效率和对比度相对较低。OLED 采用有机发光二极管实现自发光，折弯性能好，增加了显示屏视角和亮度调节范围，常用于柔性显示屏的制备，但受限于有机发光材料特性，其使用寿命相对较短。Mini/Micro LED 显示屏由多个微米级尺寸的 LED 通过独立封装形成单个像素点，在发光效率、功耗、对比度、响应速度、寿命等方面具有无可比拟的优势，是下一代主流显示屏的重要选择对象。

现阶段 Mini/Micro LED 显示屏量产化生产还有许多技术瓶颈有待突破，如芯片制备、巨量转移（Mass Transfer, MT）、检测与修复等，其中巨量转移是将大量 Mini/Micro LED 从源基板上转移至目标基板的过程，影响着 Mini/Micro LED

显示屏批量化生产的进程。根据拾取和释放芯片方式，可将 MT 方案分为精准拾取-释放转移技术（微转印技术、电磁力转移技术、摆臂式转移技术、针刺式转移技术、静电力转移技术）、自组装技术（流体自组装技术、磁力自组装）、滚轴转印技术和激光剥离技术。

**表 4 MT 不同方案介绍及适用场景**

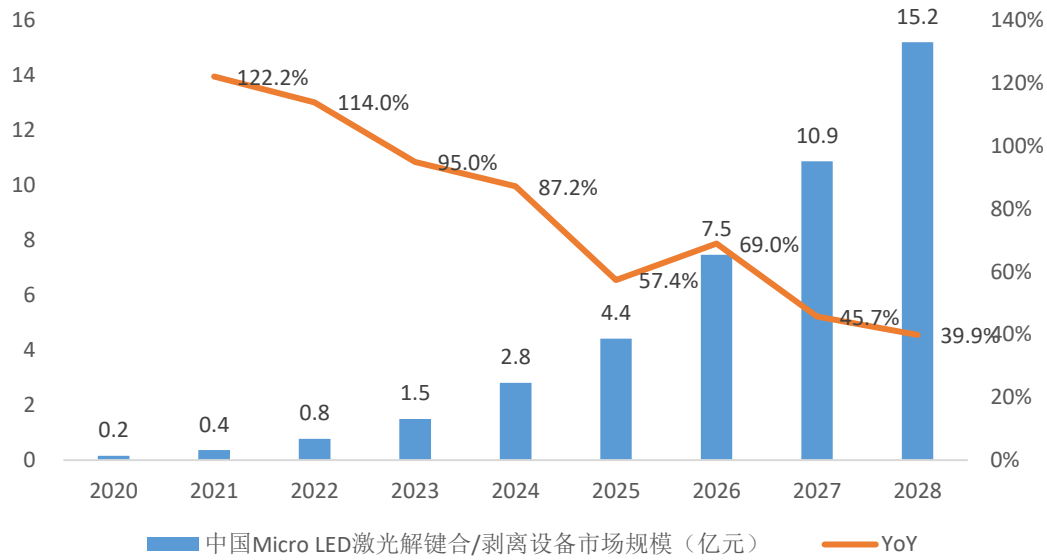
MT 方案	适用场景
精准拾取-释放转移技术	精准拾取-释放转移技术通过调控转移头的作用力，将芯片转移至目标基板上，但受转移头阵列限制，转移效率和精度相对较低。
自组装技术	自组装技术借助流体力或磁力驱动芯片完成自组装，该过程无需单独拾取或释放芯片，大大提高了芯片的转移效率，但组装过程中芯片易损毁，良率无法保证。
滚轴转印技术	滚轴转印技术通过中介质弹性印章实现芯片的拾取，利用精密自动化装置完成芯片与目标基板的对准和压印，提高了芯片的转移精度，但其自动化装置精密工艺难度大，且不能选择性转移芯片。
激光剥离技术	激光剥离技术通过高能量激光束穿过透明基板烧蚀响应层，并利用响应层产生的化学或光热反应，将芯片剥离至目标基板上，具有高精度选择性释放芯片的能力。通过将单束激光衍射成多束激光，可实现芯片的大规模剥离，其转移效率可达 100 M/h。

资料来源：知网，浙江省半导体行业协会，集微咨询（JW Insights）

目前国内外 Micro LED 显示屏还处于研制攻关阶段，距离小规模量产还需三年左右。激光剥离技术、微转印技术和流体自组装均可用于 Micro LED 显示屏制备，但流体自主装 MT 方案的良率相对低。相较于微转印技术，激光剥离技术的转移速度更快，转移精度更高，可选择性更好，是 Micro LED 芯片高效率、高良率转移的最佳选择。

**2023 年 Micro LED 国内渗透率仅有 2%，预计 2028 年有望提升至 10%。**因目前 Micro Led 量产线案例较少，基于激光剥离技术的良好适应性，假设目前 Micro LED 百分之五十的市场在芯片剥离工艺环节采用激光剥离技术方式，未来随技术升级和设备成本降低，预计 2028 年在剥离工艺环节采用激光剥离的方式有望占比提升至 80%。据统计，2023 年中国 Micro LED 激光剥离/解键合设备市场规模约达 1.5 亿，预计 2028 年市场规模有望达 15.22 亿元，CAGR(2023-2028) 为 58.9%。

图 12 中国 Micro LED 激光解键合/剥离设备市场规模（亿元）

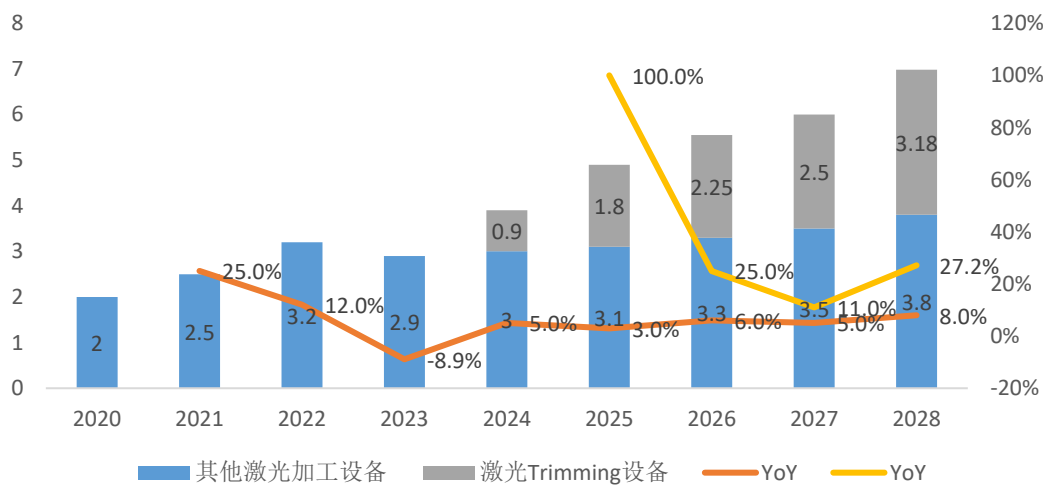


资料来源：浙江省半导体行业协会，集微咨询（JW Insights）

#### （四）其他激光加工设备市场规模

据统计，激光打孔、激光去溢胶、激光开封机等激光加工设备，未来将保持年复合增速 5.5% 平稳增长，预计 2028 年达 3.8 亿元。受益于 HBM、3D NAND 等新兴应用市场的推动，激光 Trimming 设备在晶圆键合后的切边应用有望提速，将迎来快速成长空间，2028 年市场规模有望达 3.18 亿元。

图 13 中国其他激光加工设备市场规模（亿元）



资料来源：浙江省半导体行业协会，集微咨询（JW Insights）

## 第五章 中国半导体激光加工设备产业发展趋势

### 一、国家产业政策大力支持半导体设备行业发展

近年来，国家层面相继颁布了一系列产业政策大力支持半导体行业发展，基本涉及到半导体产业链上下游环节，包括 EDA、IP、芯片设计、晶圆制造、封测及相关设备材料等。如《关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》、《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》、《智能制造发展规划（2016-2020）》，《新时期促进集成电路产业和软件产业高质量发展的若干政策》等，其中《若干政策》提出，“聚焦高端芯片、集成电路装备和工艺技术、集成电路关键材料、集成电路设计工具、基础软件、工业软件、应用软件的关键核心技术研发，不断探索构建社会主义市场经济条件下关键核心技术攻关新型举国体制。”该政策从人才培养、资金支持、税收优惠等多方面扶持和推动半导体设备产业发展。随着国家产业政策的引导和支持，未来我国集成电路制造企业的产能将进一步释放，也会进一步刺激对超精密加工所需的半导体激光加工设备需求。

### 二、终端需求带动半导体市场需求增长，进而驱动半导体封装设备及激光加工设备快速增长

随着近年来 5G 网络、人工智能、汽车电子、智能移动终端、物联网的需求提升和技术不断发展，带动了半导体市场需求迅猛增长，进而驱动半导体封装设备快速增长。

根据摩尔定律，每隔 18-24 个月集成电路的技术都要进步一代，相应的设备制造产业必须要超前半导体产品更新开发出新一代设备。半导体在技术上的不断突破所带来的应用迭代，改变了许多传统行业亦催生出众多应用，如互联网、智能手机、人工智能、5G、自动驾驶等新兴产业。人工智能、大数据、新能源、可穿戴设备、自动驾驶汽车、智能机器人等应用的发展将释放出大量芯片制造和封装的需求，进一步推动半导体封装设备行业的稳步增长。在第三代半导体（化合物半导体）领域，随着新基建、“碳达峰、碳中和”的政策与规划密集推出，化合物半导体在清洁能源、新能源汽车及充电桩、功率器件快充、大数据中心等应用



市场的需求已经开始呈现出快速增长趋势，从而推动着相关第三代半导体封装设备市场快速增长。

半导体产业的发展，不断推动了先进封装的需要，成为了封装领域新的增长动能，也将为封测设备企业提供良好的发展机会。基于此，应用于硅片、碳化硅、特种晶圆的激光划片设备，应用于先进封装、第三代半导体、Micro LED 的激光解键合设备，应用于传统封装和先进封装的激光打标设备等超精密封测激光加工设备有望迎来广阔成长空间。

### **三、半导体封测业已经向中国大陆转移，封测激光加工设备国产替代空间巨大**

随着我国半导体产业规模的不断扩大以及全球产能向我国大陆地区转移的加快，近两年以长电科技、通富微电和华天科技为首的封测厂商近年来不断扩建集成电路封测项目，尤其是先进封装领域，将持续拉动我国半导体封装设备需求。然而目前我国半导体封测设备尤其是激光加工设备国产化率依然较低，大量依赖进口，极大影响了我国半导体产业的可持续良性发展。随着我国激光加工技术的升级成熟和产业化发展，国产激光加工设备的质量、技术与服务在竞争中也在慢慢提高，同时激光加工技术的应用比许多传统制造技术更具成本效益，使激光应用在半导体传统封装和先进封装领域渗透率快速提升，未来半导体的国产化势必向着设备国产化方向传导，国产激光加工设备替代进口的激光加工设备趋势将越趋明显，未来封测激光加工设备国产替代空间巨大。

### **四、产业迭代升级促进先进封装得到空前发展，带动半导体激光加工设备迎来新需求**

进入 21 世纪，随着半导体技术逐渐逼近硅工艺尺寸的极限，半导体技术进入“后摩尔定律”时代，从过去着力于晶圆制造工艺技术节点的推进，转向系统级设计制造封装技术的创新，先进封装技术得到了空前发展。出现于 20 世纪末的多芯片组件(MCM)封装、系统级封装(SiP)、三维立体(3D)封装和芯片尺寸封装等技术快速发展，并被广泛应用。同时，系统级芯片(SoC) 封装、微机电系统(MEMS)

封装、硅通孔(TSV)技术、凸点制作(Bumping)、表面活化室温连接(SAB)等技术实现了新的突破，并已实现批量生产。封装技术及外形的发展紧跟半导体芯片制造技术的进程，每一代芯片均有与之相匹配的封装技术与外形。21 世纪以来，先进封装技术得到了快速发展，如圆片级(Wafer Level)封装、芯片级(Chip Level)封装、板级(Board Level)封装和系统级(System Level)封装等。

随着电子器件朝着短、小、轻、薄，且功能更多、集成度更高的方向发展，电子封装在半导体产业中的重要性显得愈发突出。由于激光加工具有加工速度快、无直接接触、易于集成等优点，已逐步在半导体封测领域获得广泛应用，在传统封装和先进封装领域发挥着至关重要的作用。基于先进封装的特殊新兴工艺技术也将带动超精密加工设备如半导体激光划片、激光解键合设备、激光 IC 打标设备等封测激光加工设备的需求快速增长。

## **五、AI 算力升级推动 HBM 等新型存储器市场迅猛增长，激光加工设备具有广阔成长空间**

随着人工智能和集成电路的飞速发展，AI 芯片逐渐成为全球科技竞争的焦点。在后摩尔时代，AI 芯片的算力提升和功耗降低越来越依靠具有硅通孔、微凸点、异构集成、Chiplet 等技术特点的先进封装技术。伴随着训练型 AI 服务器出货量增长、AI 服务器渗透率的提升、单 GPU 搭载 HBM 叠层的数量提升、以及 HBM 堆叠 DRAM Die 数量和 DRAM 容量的提升，预计到 2024 年 HBM 市场空间有望超百亿美元，进而提升 Bumping、TSV、CoWoS 等先进封装工艺需求。HBM 堆叠结构增多，要求晶圆厚度不断降低，进而提升激光 Trimming、激光划片等设备需求；HBM 的多层堆叠结构也将进一步带动晶圆激光解键合设备需求快速增长。3D 异构集成正逐步向 3D 堆叠、多功能集成和混合异构集成方向发展，使得集成产品具有高集成度、低功耗、小型化和高可靠性等优势，目前大部分的 3D NAND、背照型 CMOS 图像传感器、智能手机 SoC 等先进芯片均使用 2.5 或 3D 堆叠技术，也将进一步带动晶圆激光解键合设备、激光 Trimming 设备市场快速增长。