

# 基板上芯片 (CoS) 的大批量生产 (HVM): 挑战与解决方案

由 Daniel F. Crowley、Peter Cronin 编写 [MRSI Systems]

对数据和带宽的需求持续扩张, 导致大批量生产 (HVM) 光器件的需求达到前所未有的水平。此扩张达到两位数的增长率, 受数据消费所驱动, 由诸如云计算, 网络和基于手机的应用程序, 以及通过超大规模数据中心 (如Facebook、Google、Microsoft 及 Amazon) 的存储等需求衍生。个人消费者及企业的数据带宽需求催生了远程传输网络、都市通信系统和数据中心的升级需求。

基板上芯片 (CoS) 是一种需要大批量生产 (HVM) 的关键光子器件组件。CoS器件的出现对生产提出了一些独特的挑战。过去几十年间, 专用贴片机得到长足发展, 从而满足了当前 CoS 的生产需求。本文对成功的CoS器件大批量生产贴片机所应具有的功能进行了回顾。

## 基板上芯片 (CoS) 的基础知识

基于前述原因, 光电子器件的需求量与日俱增。就性能、可靠性和需求量而言, CoS 器件在光电子器件的关键构建模块之中是核心。

在光纤传输领域, 激光二极管 (LD) CoS, 也被称为载体上芯片 (CoC), 是发光和传输的起点; 而光电探测器 (PD) CoS 是光传输的终点, 在此处光被接收并被解译为电信号。对100Gbps 光纤传输来说, 相当典型的配置是四组频率皆为25Gbps的LD和PD CoS; 有些配置十组频率都为10Gbps的LD和PD CoS。因此, LD CoS 和 PD CoS 的数量是最终光学模块数量的四倍到十倍。

LD CoS的一种常见配置是贴装在同一块基板上的共晶焊的LD和一个背面监控探测器。LD或PD芯片与基板间粘结点的质量是器件具有长期可靠性的最关键因素之一。共晶焊用于实现高热效率且同时具有长期可靠性的互相连接。LD CoS可能包括其他元件, 如热敏电阻、电容器和驱动芯片。PD CoS一般包括一个PD, 也可能包括其他元件, 如转阻抗放大器 (TIA), 在某些情况下, 还可能包括用于温度控制的热敏电阻。在后续工步中, 贴装完成的

CoS可能会被贴装到“金盒”或T0-can封装内的热电冷却器 (TEC) 上。为实现在封装内多个零件的共晶焊, 常常需要将共晶焊料分成不同的温度层级。采用T0-can封装时, 通常将LD和监控探测器分别共晶焊接到单独的CoS上, 然后贴装到一个垂直面上, 且彼此间成90度角 (图 1)。

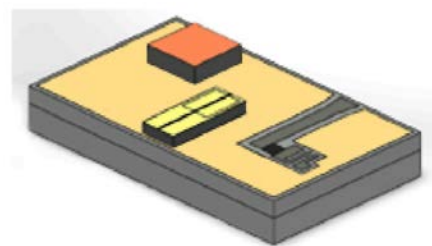


图 1: LD CoS。



图 2: 共晶焊台。

## CoS 大批量生产 (HVM) 的贴片机需求

当今市场上提供的大部分贴片机已发展为适合于生产通用半导体封装应用。然而, 这些半导体贴片机可能良好地满足了半导体封装的芯片贴片要求, 但却缺乏成功满足CoS大批量生产 (HVM) 所应具有的特有而特殊的功能。

另外一种成功解决CoS的大批量生产 (HVM) 的方法是采用专用的高度机械化贴片机。这些专用机械化解方案可以实现高速, 但通常是以牺牲灵活性、可靠性和机器交货时间来实现的。任何CoS 设计上的或被组装器件类型上的改变都将产生昂贵的时间成本及设备更换成本。

对CoS大批量生产 (HVM) 来说最佳的解决方案是采用在保持灵活性的同时能够实现高速贴装的针对具体应用的专业化贴片机。通过可为新的器件设计及器件类型简便地重新编程的标准化的、灵活的、高速系统, 能够最好地实现此目标。此方法会令标准化机台的交货期缩短。更短的交货期对客户迅速实现规模化生产来说很重要。HVM CoS贴片机应包括诸多并行处理功能, 以最大化产量。以下是针对特定CoS的HVM贴片机的特殊功能综述。

## 优化的CoS共晶焊。

因大功率需求、小元件尺寸及淘汰气体逸出材料等要求, 众多元件的贴装采用共晶焊工艺。CoS的基板尺寸很小, 通常小于几毫米, 从而需要小尺寸规格的共晶台来实现超高速升温及超高速冷却循环。这就要求一个闭环控制的、低质量的、高功率的脉冲加热共晶台。在整个共晶过程中, 必须尽可能保证温度控制及保护气流的稳定。此外, 共晶台必须是完全可编程的, 可针对具体粘附程序调整工艺。从而获得更快的速度、更高的产量和一致性的质量 (图 2)。

共晶焊是一种采用焊料合金作为第三种材料形成两个元件之间连续性粘接的工艺。就 CoS而言, 通常指两种镀金材料以金-锡合金焊料粘接。进行共晶焊时, 组件的温度会被升高到恰好高于焊料的熔点。随着焊料液化, 以受控的压力贴放芯片。而后该零件被冷却至低于回流温度, 共晶焊完成。在零件加热时, 对气氛的控制十分重要。为防止焊接面的氧化, 共晶焊通常在惰性气氛中进行。须采用采用 95-5%的氮氢混合气体, 以便在焊缝的形成中有氢。

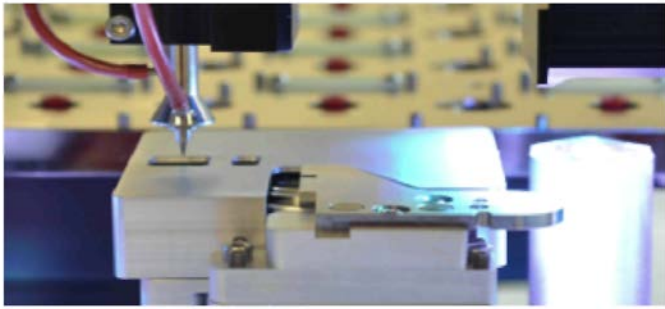


图 3：环氧蘸胶盘。

**环氧树脂的沉积。** CoS元件很小，因而需要非常小的环氧胶点，才能成功进行环氧贴片。元件（如 200 微米激光二极管）的贴装需要精确外形尺寸的极少量导电环氧树脂。无孔洞而受控的环氧覆盖面、薄的粘结层对于热传递及机械强度的最大化和应力的最小化至关重要。挤出的胶量必须控制，以防止短路或桥接；同时，环氧点胶必须到精确的位置上以最大化良率。

使用环氧完成上述任务有两种基本方法：包括蘸胶（蘸胶头取胶或匀胶）和针筒式液态点胶。沉积方法的选择很大程度上取决于所使用的环氧的性能及所要求的最小胶点尺寸。诸如银胶粒的尺寸、材料粘度、触变指数以及封装方法等因素都将影响沉积方法的选择。对于CoS来说，通常选择蘸胶，因为此工艺要求的胶点小于 200 微米。

蘸胶用于形成极小的环氧胶点，该方法通过在蘸胶盘中蘸取环氧树脂而后将其转移到基片上。胶点尺寸由蘸胶盘中环氧树脂的厚度及蘸胶头的外形尺寸决定。在蘸胶过程中，环氧树脂贮存在带沟槽的蘸胶盘内。蘸胶盘旋转，令树脂从高度可调的刮刀之下通过。刮刀高度通过千分尺可精准调整。旋转蘸胶盘内可有多个胶槽，以盛放多种类型的环氧树脂。

蘸胶不必仅局限于单点。可采用成组阵列的（多个）蘸胶头来同时完成胶点阵列的蘸胶。这些成组的蘸胶头具有多个可形成相同图形胶点的工具头，每个分别蘸胶。这对提高产量及精确控制图案十分有用。

工具头的外形是另外一个蘸胶所需要考虑的关键因素。工具头可设计为球面头或平面头，取决于胶点所需的形状和尺寸。当与蘸胶盘中环氧厚度的良好控制相结合时，正确的蘸胶头可产生高度和尺寸非常精确的且一致的胶点。

胶筒式液态点胶为蘸胶的替代选项。此功能通常包括高解析度伺服驱动的变容式泵（如螺杆泵），可进行最精确的点、线及区域点胶。还可依据应用、材料及工艺要求采用精确的时间/压力泵。通过点胶针头内面的倒角式设计可改善胶的流动性，其倒角方向朝向点胶针头尖端。此设计减小了表面张力，提供更加精确的控制，同时降低了堵塞的可能性（图 3）。

图 5：多彩照明设备。

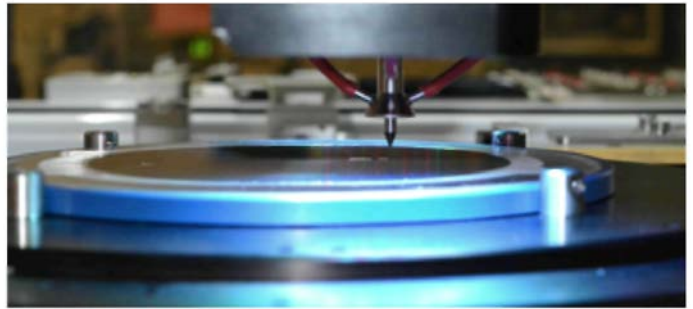


图 4：晶圆送料。

**小芯片和焊料片专业处理技术。** CoS元件，如激光二极管（LD）、光电探测器（PD）、电容器和热敏电阻，通常小至200平方微米且需要经过特殊处理。可预先将焊料沉积到一些器件上，如 LD 芯片。如未预先沉积焊料时，可使用焊料片。这些焊料片需要与小芯片同样的精确处理。

送料方法包括华夫盘、Gel-Pak™ 和晶圆。CoS芯片的晶圆送料必须最优化。这些小而薄且易碎的芯片必须从晶圆上轻柔地拾取以防止损坏。必须令拾取头及顶针的动作同步。通过采用伺服控制的同步系统，避免了芯片损坏，提高了良率。这是处理具有内部及表面特征的薄且易碎的材料和芯片时需要特别

关注的问题。LD 和 PD 芯片都由易碎的 III-V族化合物半导体材料制成，如需要轻柔处理的基于GaAs和InP的材料（图 4）。

可控闭环压力反馈的使用令针对这些器件的轻柔处理成为可能。芯片的拾取和贴放必须以可控压力进行，压力低至低至 10 克。切勿使贴片头接触边缘发射激光二极管上的小晶面和 PD 的接收器区域，因其可能损坏器件。可使用定制化真空吸嘴来避免接触及敏感区域。

**高速高精度贴放。** 生产光学元件（如 CoS）时，贴放精度是基本要求。只有精度达到要求时谈产量才有意义。生产与光耦合的光学器件时，只有实现高精度且稳定的机台才能达到高良率。在环氧贴片时，必须控制器件的贴放位置及环氧树脂的胶点位置，以实现高良率。高速且低至3微米的贴放精度为CoS所需，且已通过采用结合了线性电机及编码器的热稳定性及机械稳定性良好的平台实现了。

采用并行式处理以达至高速。并行处理的例子包括采用多个拾取/贴放头、飞速更换工具头、并行视觉对位、物料输送和具有并行上下料功能的多个贴片工作台。

**为CoS而优化的先进视觉与照明系统。**

HVM CoS的另一个主要特性是机台的视觉系统，该功能是实现微米级精度所需的关键性因素。视觉系统必须能够将芯片的特征结构与基板的基点对准，以确保贴放的可重复性和精确度。激光芯片与光电二极管的对位至关重要，这要求机台具有对LD和PD的特征进行识别的能力，以保证正确进行光耦合。

机台的视觉系统用于具有底部特征的元件及倒装芯片的对位。一台上视相机在贴放之前抓取真空吸嘴上的芯片特征图像。集成化的视觉系统在贴放之前对器件底部的特征进行对位。

为更好地对位，芯片的识别需要最优的照明条件。成功对范围宽广的材料及低对比度元件的图像处理需要多色光照明。多色（如红、绿、蓝）环形光照明是处理高难度对位表面的强大工具（图 5）。照明强度必须可编程且同时具备环形光及同轴光，以形成完整的照明解决方案。此外，还应能够为每个芯片与基板的基点对位进行独立的照明最优化编程设置。

## 总结

本文对成功进行CoS器件的大批量生产（HVM）所面临的挑战及贴片机所应具有的特征进行了综述。CoS的大批量生产（HVM）是个非常重要且极具挑战性的问题，要求贴片系统具有独特的功能。CoS的大批量生产贴片机应包括众多并行处理特征，从而将产量最大化。通过将上文所讨论的功能结合起来，针对应用的标准化贴片机可提供灵活的解决方案，实现产品良率、产量的最大化以及工艺控制，从而确保成功的CoS大批量生产（HVM）的解决方案。此方案还可实现更快的交货期。更快的机台交货期可让CoS制造商迅速规模化生产以满足市场需求。

## 附录

Daniel F. Crowley 在美国珀杜大学获得工业管理理科硕士学位，并在美国东北大学获得理学学士学位；他在 MRSI Systems 担任销售副总裁；其电子邮件地址为 [Dan.Crowley@mrsisystems.com](mailto:Dan.Crowley@mrsisystems.com)

Peter Cronin 在波士顿大学获得制造工程学士学位，在 MRSI Systems 担任应用和服务工程主管。