

## 优化存储芯片的剥离工艺

为满足消费者对小尺寸、大容量存储芯片的需求，工程师通过优化芯片的制造工艺，确保芯片始终具备优异的性能。

作者 LEXI CARVER

上世纪八十年代，在科技发展的浪潮里，一种叫做闪存的计算机存储器脱颖而出，以其可擦除、可编程的特性成为了广受市场追捧的科技产品。如今，此类存储芯片已广泛应用于照相机、存储卡、USB、手机等数码产品中，它可以为我们存储成千上万的照片、音乐和视频文件。

存储芯片在消费者眼中或许并不起眼，但却需要设计者付出不懈的努力，才能满足市场对小尺寸、大容量的需求。每一个存储设备产品背后，都离不开研发人员、工程师、装配人员长时间的付出，他们需要共同克服与微型芯片制造工艺相关的种种挑战。

### » 制造完整无缺的裸片

存储芯片的制造工艺流程如下：首先将直径为 300 mm 的半导体晶圆放置在载带上，然后将其分割成多块芯片。载带移除后会在芯片底面留下热塑性胶粘剂，随后通过加热与压缩，胶粘剂将芯片固定在基板上。通过将多层芯片粘结在一起，可增加指定区域的存储量，这些芯片和基板之间通过焊线连接。最后，将整个叠片放入压塑机，封装上保护塑料，然后再分割成许多片，每片都包含一叠存储芯片（图 1）。

如何在移除载带的同时保证轻薄的裸片（die）不弯曲，这是一个相当棘手的问题。几十年前的芯片比现在的厚得多，当时的制造商使用了一种多针顶针，其中安装的一串顶针可以将载带移除。然而对于现今的轻薄裸

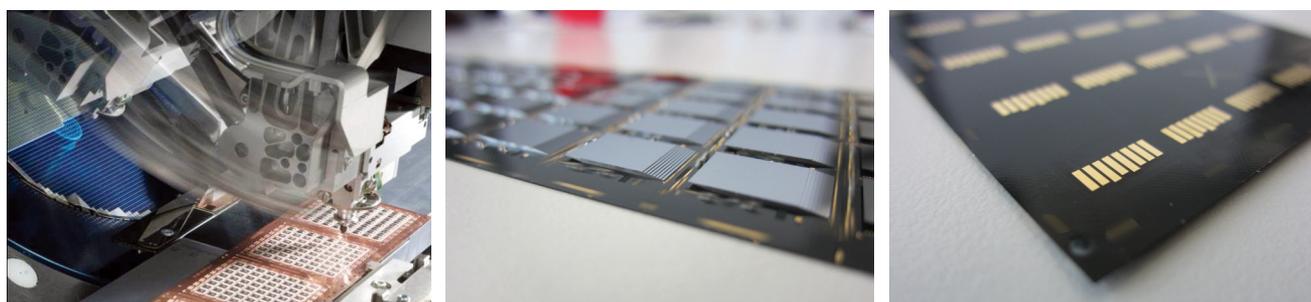


图 1. 左上：在完成金线键合之前，将裸片粘合到基板上，封装上塑料，然后分割芯片。中：在基板上堆叠的裸片。右：基板背面显示了存储芯片与更大的器件之间的连接接口。

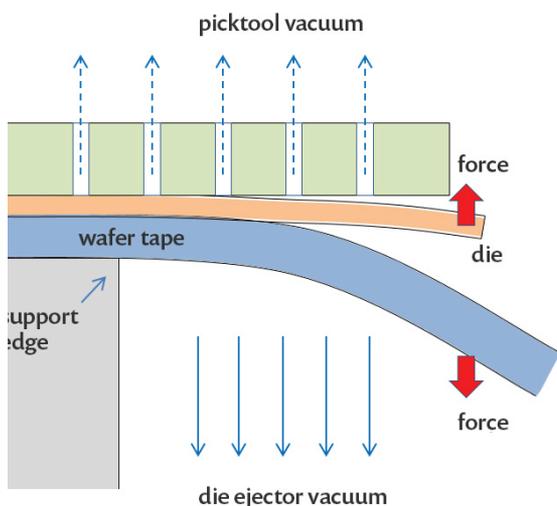


图 2. 左：由 Besi 公司制造的固晶机中的多盘顶针示意图。右：真空拾取工具包含一个带真空压力孔的橡胶件。图注：picktool vacuum - 真空拾取工具；wafer tape - 晶片载带；support edge - 支撑边缘；die ejector vacuum - 裸片真空顶针；force - 力；die - 裸片

片而言，这种装置施加的力过大，容易造成损坏。

就职于瑞士 Besi 公司的资深工艺工程师 Stefan Behler 表示：“大约 8~10 年前，随着芯片变得越来越薄，裸片的损坏率也越来越高。我们需要开发一种全新的载带剥离方法，保证裸片不会过度弯曲。” Besi 公司主要从事开发用于基板制造和晶圆封装的设备和装配工艺，他们的产品和技术广泛应用于消费电子产品、汽车、工业和太阳能等领域。

经过深入探讨后，Behler 和同事们想出了一种新方法——利用圆盘与真空力来更为缓和地移除载带。这种工艺由一组平行的盘组成，盘的作用是支撑微芯片，真空力会使载带保持平坦。盘从外侧边缘向下移动，从而使载带从微芯片上剥落。微芯片下方已剥离和未剥离区域之间的边界称为“剥离边缘”。边缘会逐渐向内移动，剥落的速度则取决于粘合剂的剥离力（图 2）。

这项工艺的优点之一是，剥离前沿的延伸由移动的圆盘控制，裸片只会在剥离时的交界处受力，而传统的多针顶针会对芯片的整块未剥离区域施加压力，由此可以看出，新方法要比传统的多针顶针柔和得多。Behler 解释说：“我们必须确保系统在芯片中产生的应力水平远远低于指定裸片的强度。如果在移

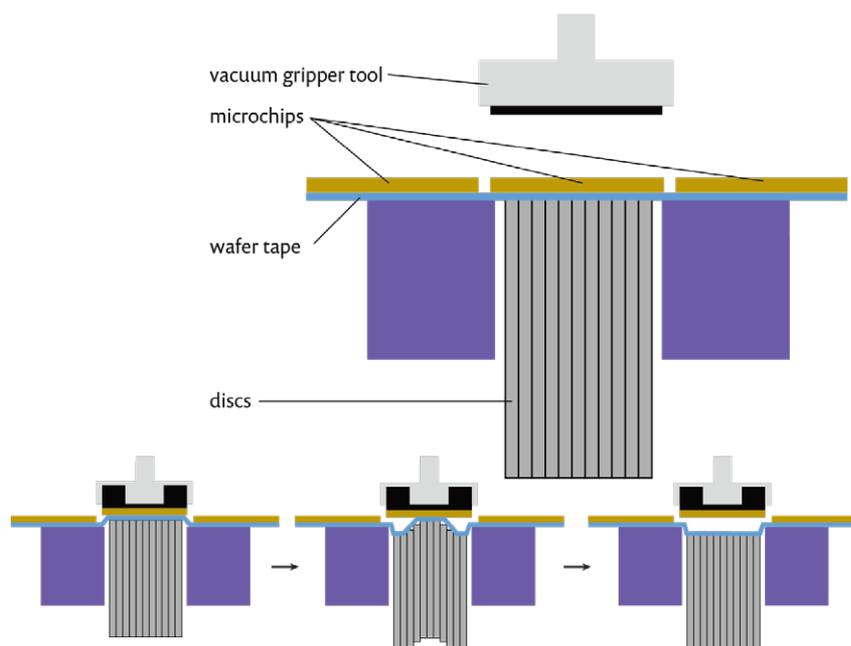


图 3. 上：多盘顶针的布局。下：当载带脱离时，圆盘随时间变化的下降过程，同时拾取工具会将微芯片抓离载带。图注：vacuum gripper tool - 真空拾取工具；microchips - 微芯片；wafer tape - 晶片载带；discs - 圆盘

除载带时导致裸片过度弯曲，就很可能造成芯片开裂或性能降低。”他们将这项发明命名为“多盘顶针”（Multi Disc Ejector），并将它组装进了固晶机（图 3 和图 4）。此项技术目前已被全球的半导体封装工厂广泛使用。

#### » 借助仿真深入探究顶针

选定设计方案后，设计人员需要深入了解剥离过程中涉及的所有作用力，

并据此选择固晶机的工作参数。Behler 表示，“我们希望了解裸片在剥离过程中的最大弯曲水平，从而调整圆盘高度、速度和真空力大小等参数，最终目标是确保施加在裸片上的应力水平足够低，防止开裂。”为了深入理解具体的物理过程、优化工艺条件，并给顶针的设计者制定参考指南，Behler 使用了 COMSOL Multiphysics® 软件。

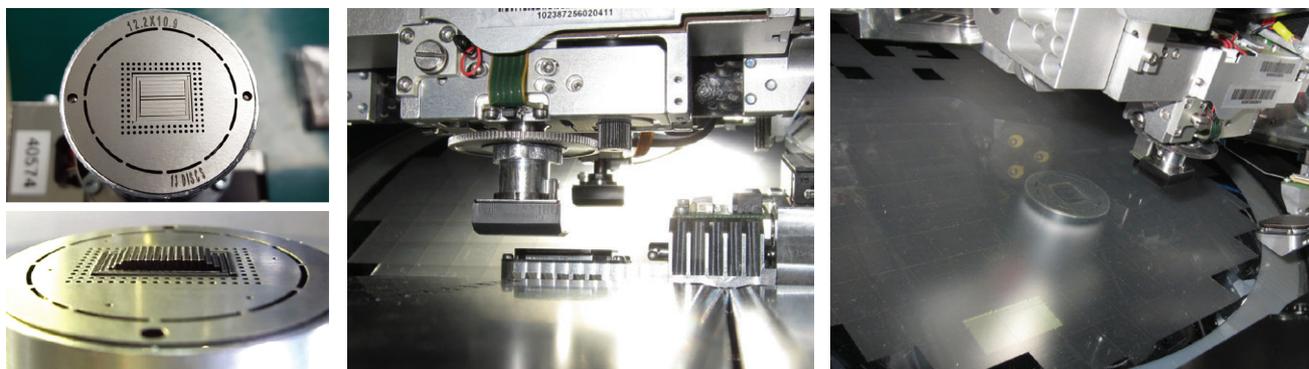


图 4. 左：多盘顶针的俯视图和侧视图。中：固晶机中的拾取工具。右：正在进行载带移除，图像显示了空的晶圆载带和位于其下方的多盘顶针。

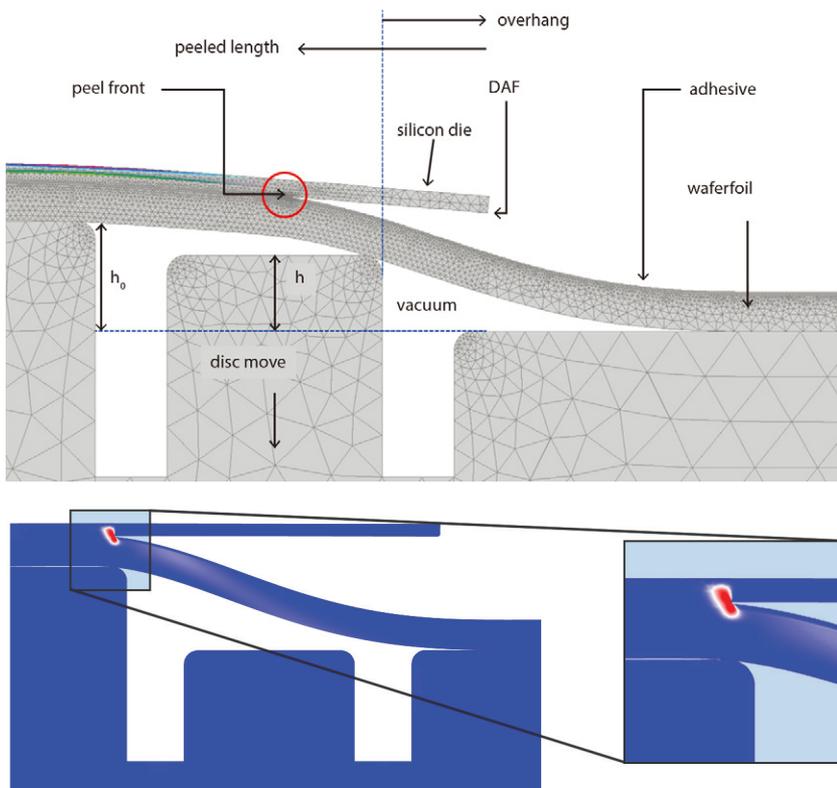


图 5. 上:模型的几何网格。下:仿真结果显示了垂直方向的应力。图注:peel front – 剥离前沿; peeled length – 剥离长度; overhang – 悬垂部分; silicon die – 硅裸片; DAF – 盘粘附前沿; adhesive – 粘合剂; waferfoil – 晶片膜; vacuum – 真空; disc move – 盘运动

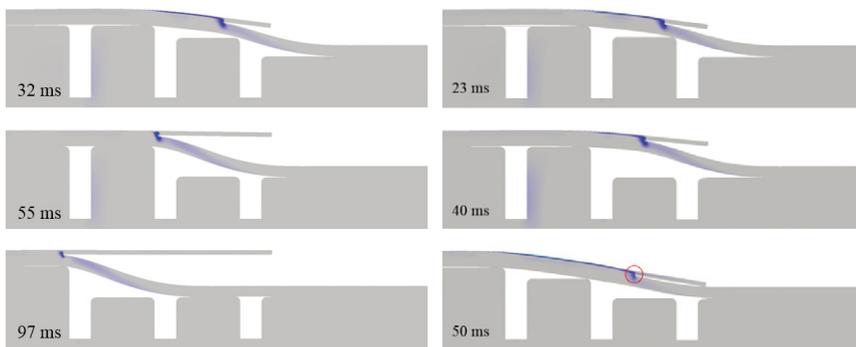


图 6. 仿真结果显示了当剥离前沿以 20 mm/s (左) 和 32 mm/s (右) 的速度移动时的应力水平。当速度为 20 mm/s 时, 整个条状载带顺利地从裸片/芯片上剥离; 当速度为 32 mm/s 时, 裸片/芯片被载带粘住, 无法实现剥离; 红色圆圈指示了剥离前沿向前移动的距离。即使圆盘继续运动, 裸片也不可能再剥离, 这是因为剥离前沿距离盘的最高边缘已经太远了。

首先, Behler 建立了一个静态模型 (图 5), 为模型设置不同盘的几何尺寸、真空压力水平和初始剥离长度,

测试芯片在各种工况下的弯曲状况。基于材料属性可以得到载带脱离裸片的应力, Behler 据此计算出了垂直方向

的应力。

“我对应力结果进行了转换处理, 由此计算出了剥离的能量或剥离力, 然后将应力值与数据表进行比较, 从而得到剥离速度。” Behler 解释说, “我对仿真进行了调整, 查看了剥离前沿在每步仿真中的延伸距离, 并研究了芯片随时间变化的弯曲情况。随着剥离力和盘速度的增大, 弯曲应力和芯片失效的可能性也随之增加。”

剥离前沿的最大延伸速度决定了盘的最佳运动速度 (图 6), 他对该速度进行了计算, 从而可以在不破坏裸片的前提下尽可能提高生产效率。

另外, Behler 利用软件的后处理功能创建了一个动画, 他发现动画能够即时直观地展示载带内的工况。“就算盯着机器, 你也看不见顶针的运作方式。”他解释道, “但动画能够帮助工作人员深入理解设备的内部动态。”

## » 为客户建立参考指导

在完成建模工作后, Behler 便能使用多盘顶针来为 Besi 的客户制定参考指导。现在, Behler 的团队可以自由指定固晶机的具体工作参数和芯片设置, 举例来说, 他们能够通过控制存储芯片延伸向尾端盘外的最远距离来保证剥离的顺利进行。考虑到客户使用的芯片尺寸各异, 他们还生产了多组不同型号的盘, 用户可根据需要在固晶机中使用合适的盘。随着存储芯片日趋轻薄, 性能不断提升, 拥有尖端技术的 Besi 公司有信心在计算与存储封装领域始终保持领先地位。◎



Stefan Behler,  
瑞士 Besi 公司  
高级工艺工程师。