



碳化硅 器件的新型晶圆 切割方法

随着向SiC等新衬底，以及更薄晶圆，更小特征尺寸和更大尺寸衬底的转变，晶圆切割已经演变成能够提高SiC器件良率的关键工艺步骤。

3D-Micromac AG公司的Hans-Ulrich Zuehlke博士和Mandy Gebhardt博士如是说。

作 为一种宽禁带材料，碳化硅（SiC）由于其宽带隙，高机械强度和高导热性，被认为是电子工业中硅（Si）基半导体的替代材料。例如，SiC功率器件可以在更高的电压，频率和温度下工作，而且能够以更高的效率或更低的功率损耗来转换电力。与此同时，碳化硅是一种非常硬和脆的材料（莫氏硬度达9.2），这可能造成工艺加工的难题。特别是在后端工艺过程中更是如此，此时晶圆必须在封装之前分割成单独的芯片。

从历史上看，晶圆切割已被认为是整个半导体制造工艺中一种相当成熟的过程，这是对整个工艺没有什么价值

的必要步骤。但是，随着向SiC等新衬底以及更薄晶圆，更小特征尺寸和更大尺寸衬底的转变，晶圆切割已经演变成可以增加SiC器件良率的关键工艺步骤了。

已有切割技术的局限性

机械金刚石刀片切割是分离SiC晶圆的传统技术。晶圆安装在蓝膜上，并通过高速旋转的金刚石涂层刀片来进行切割。切割跑道的宽度通常在50到100微米的范围内。由于SiC的硬度，刀片切割的切割速度较低，而且切割刀片的磨损较高，从而导致成本较高。另外，刀片切割可能导致芯片边缘的碎裂和分层。随着碳化硅晶圆尺寸从4英寸直径转变到6英寸，累积的跑道长度增加了一倍以上，超出了标准刀片完成全部切割的能力。结果是，刀片必须在晶圆还处于工作位置时就被更换，并且可能会在切割过程中破裂，从而损坏晶圆。

激光烧蚀是机械晶圆切割的替代方法。激光束聚焦在切割跑道上。材料通过所吸收的激光能量而加热。这导致了显著的热影响区域和微裂纹。蓝膜上也可能会受到热的

TLS切割是一种单步工艺，可以以高达300mm/s的分离速度将整个厚度的晶圆分离。起点是晶圆表面上的局部或连续的浅划痕。由于TLS切割是一个裂片工艺，因此它有可能减少切割跑道的宽度，并增加每个晶圆上芯片的数量。

影响，这可能会影响后续的封装工艺。另外，烧蚀速率非常低，需要多次进行才能用来分离芯片。重复进行的次数取决于晶圆厚度和切割速度。为了避免芯片上的材料残留，晶圆的表面必须涂敷保护涂层。这种切割技术的主要缺点是边缘质量低，产能低。在隐形切割中，穿过 SiC 晶圆的短波长激光束在材料内部进行聚焦。它会在材料内部产生一层局域化的缺陷，从而成为晶圆分离的起点。首先，激光束聚焦在晶圆的下部并逐层向上移动。由于是裂片工艺，因此在切割道中没有材料的去除，从而实现零切口。其次，芯片的最终分离必须通过单独的机械裂片工艺以及蓝膜的扩展来完成。由于激光器加热的是晶圆内部的材料，所以晶圆表面不会有热损伤。具有重叠区域的珍珠项链模式的缺陷只可能发材料内部产生。另外，每次进行的切割速率大约是 200mm/s，而在某些应用中可以达到 300mm/s。

但是，根据材料的厚度，激光器需要进行几次才能够分离芯片。这导致由于所改变的层而产生了芯片侧壁的损伤。为了将激光束聚焦在晶圆内部非常小的点，在切割跑道中的平坦表面上散射的光束需要光滑且最小化。为了避免激光的反射，需要金属的免切割跑道。另一个缺点是开放跑道所需的宽度是晶圆厚度的函数（通常是晶圆厚度的40%），这意味着对于厚度为 350 μ m 的标准 SiC 晶圆，必要的最小切割跑道宽度为 140 μ m。

热激光分离

热激光分离 (Thermal Laser Separation, TLS 切割) 是分离碳化硅晶圆的一种快速、清洁且经济高效的替代方

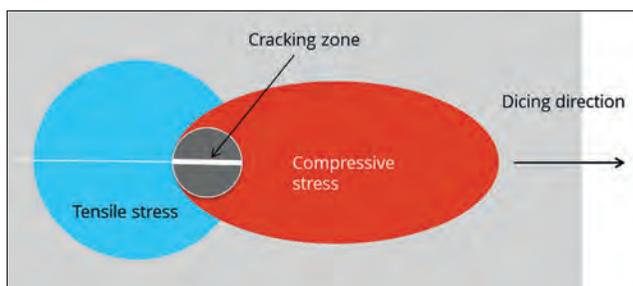


图1. TLS的原理。

案。激光加热材料并产生一个压应力区域，周围是切向拉应力包围的模式(图1)。然后喷射极少量的去离子水喷雾，这在第一个区域附近产生了第二个冷却的区域，导致形成切向拉伸应力的模式。两个应力模式重叠的区域中产生了张应力，这打开并引导裂纹尖端穿过整个材料。

TLS 切割是一种单步工艺，可以以高达 300mm/s 的分离速度将整个厚度的晶圆分离。起点是晶圆表面上的局部或连续的浅划痕。由于 TLS 切割是一个裂片工艺，因此它有可能减少切割跑道的宽度，并增加每个晶圆上芯片的数量。芯片的边缘光滑，无残余应力或微裂纹和碎裂区(图2)。正面跑道上的金属结构 (PCM) 和芯片上的聚酰亚胺是可以接受的。另外，由于分离是源于裂片而不是随后的物理分离 / 断裂，背面金属可以不分层或受热影响而分离。针对背面完全金属化的典型功率器件晶圆上使用 TLS 切割工艺的良率分析表明，在切割跑道上聚酰亚胺和金属结构平均良率值超过 98%。

另外，TLS 切割在每个晶圆的成本方面已经显示出显著的改善。由于 SiC 极高的硬度，典型的机械锯切工艺中每个晶圆都要磨损一个锯片，并且如前所述，一个锯片尚不足以完全切割一个 6 英寸的晶圆。为了匹配 TLS 工艺的产能，需要九倍以上的机械锯切工具投资。与 TLS 切割系统相比，增加的设备投资成本以及诸如耗材成本，工具预估折旧和占地面积增加等额外因素导致每 6 英寸晶圆的机械锯切总成本增加近 15 倍 (图3)。^[1]

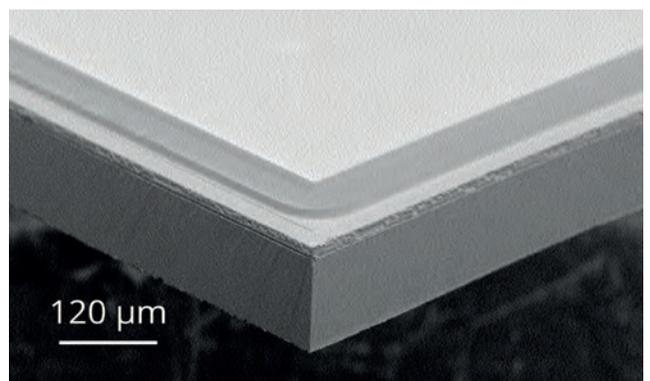


图2. TLS切割工艺后的SiC芯片边缘显示为光滑的边缘，没有微裂纹或碎裂。



图3. 使用TLS切割和机械切割方法切割6英寸晶圆的产能比较。

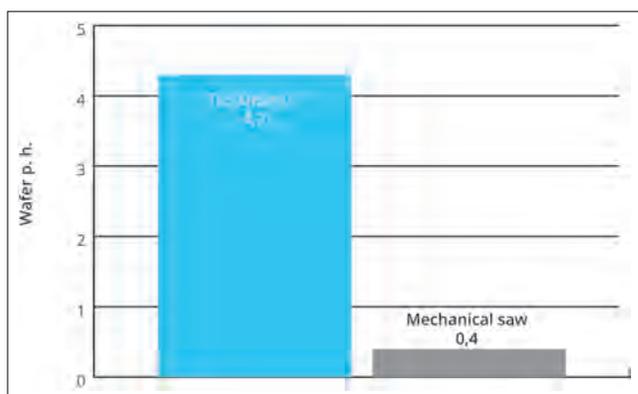


图4. 使用TLS切割和机械切割方法切割6英寸晶圆的每晶圆成本比较。

结论

激光切割工艺是非常有前途的碳化硅芯片高效分离方法。本文中描述的所有激光切割技术都提供比机械刀片切割更高的分离速度。然而，在激光烧蚀中，切割速度取决于晶圆厚度，而且边缘质量并不理想。另一方面，取决于晶圆厚度，隐形切割可能需要几次切割，并且需要额外的断开工艺来分离芯片。采用隐形切割，也不可能将有金属层的晶圆从表面上分开。

TLS 切割已经演示了分离碳化硅晶圆的独特优势。裂片总是一个单次过程，所以切割速度可达 300mm/s。它可以实现没有碎裂的优良侧壁质量，并且与机械刀片切割相比，有着更低的拥有成本。

裂片的原理展示出对于采用背面金属化的 SiC 产品如功率器件的独特优势。◆

参考文献

1. TLS-Dicing™: 一种基于激光的新型碳化硅功率器件切割方法
<http://3d-micromac.com/int/applications/tls-dicing>

业界认证

> 20 0000 0000
(十亿)套

SiP封装

过去2年内使用了钢泰材料的
系统级封装 (SiP)
元器件



免洗、水洗 焊接方案



china@indium.com

From One Engineer
To Another®

©2018 钢泰公司

