

文章编号: 1672-8785(2019)11-0013-04

红外焦平面组件封装中的皮秒激光划片工艺(下)

张忆南^{1,2} 莫德峰^{1,2} 洪斯敏^{1,2} 李 雪^{1,2}

(1. 中国科学院上海技术物理研究所, 上海 200083;

2. 中国科学院红外成像材料与器件重点实验室, 上海 200083)

摘 要: 在对皮秒激光划片加工所涉及的基本原理和设备进行简单介绍的基础上, 对红外焦平面组件封装中常涉及的一些材料的特点及其与皮秒激光束的作用机理进行了梳理。通过优化激光参数设置提高了划片效率并保证了划片质量; 通过改进工夹具避免了金属层损伤且改善了操作方便性。

关键词: 激光划片; 皮秒脉冲激光器; 红外焦平面阵列; 组件封装; 材料特性

中图分类号: TB942 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2019.11.003

Picosecond Laser Dicing Process in the Packaging of Infrared Focal Plane Array Modules (II)

ZHANG Yi-nan^{1,2}, Mo De-feng^{1,2}, HONG Si-min^{1,2}, LI Xue^{1,2}

(1. Shanghai Institute of Technical Physics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200083, China;

2. Key Laboratory of Infrared Imaging Materials and Devices, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200083, China)

Abstract: Based on a brief introduction to the basic principles and equipment involved in picosecond laser dicing, the characteristics of some materials often involved in the packaging of infrared focal plane array modules and their action mechanisms to the picosecond laser beams are reviewed. By optimizing the laser parameter settings, the dicing efficiency is improved and the dicing quality is guaranteed; by improving the clamping apparatus, metal layer damage is avoided and the operation convenience is improved.

Key words: laser dicing; picosecond pulse laser; infrared focal plane array; module packaging; material property

3 针对不同材料的皮秒激光划片参数设置及优化

我们的实验表明, 每次扫描时让激光束焦点都处于加工表面会有更好的划片效果。例如, 仍是对于厚度为 0.4 mm 的透明蓝宝石电

极板, 每次扫描完成后均使焦点位置向下推进 0.04 mm, 则通过扫描 12 次即可完成整个划片操作。这样每次扫描刻蚀的深度可到 33 μm 左右, 提高了约 3 倍。图 1 所示为采用不同的焦点推进方式对厚度为 0.4 mm 的透明蓝宝石

收稿日期: 2019-09-06

作者简介: 张忆南(1987-), 女, 上海人, 工程师, 主要从事红外探测器组件封装工作。

E-mail: 666shelley@sina.com

过渡电极板进行皮秒激光划片的效果照片。图 1(a) 中, 每扫描 10 次激光束焦点推进 0.1 mm, 总的激光扫描次数为 40 次; 图 1(b) 中, 每扫描 1 次激光束焦点推进 0.04 mm, 总的激光扫描次数为 12 次。从加工侧面来看, 采用这两种激光束推进方式进行划片时所得的效果基本一致。在图 1(b) 所用的焦点推进方式下, 形貌有所改观, 侧面的分层台阶得到抑制, 且总的激光束扫描次数可减至三分之一以下, 相应每次激光束扫描的刻蚀深度明显增大, 这样可大大提高划片效率。

对于其他材质的封装零件, 皮秒激光划片参数也可据此进行优化, 即采用每次扫描激光束焦点均跟随推进的方式, 可明显增加对不同材料每次推进的深度。由于此激光加工头在 z 方向上的最小步进深度为 0.01 mm, 激光束焦点每次推进的深度取其整数倍即可。

4 皮秒激光划片的路径规划及工夹具设计

由于红外焦平面组件封装中涉及的零部件具有各种形状, 且一些零部件的形状比较复

杂、尺寸也很小, 因此对其进行划片操作的路径是需要进行规划的。一方面是划片效果和质量的要求, 另一方面是划片效率和方便性的要求。一般而言, 红外焦平面组件封装中所需的零部件都是通过划片操作将大片材料分割成的单个零件。因此, 在设计零部件时就应对提高划片效率和节约原材料有所考虑, 比如将长的划片锯路为相邻的两个零件所共用。

在实际的划片操作中, 划片路径规划的常规原则是先加工图形复杂、曲率半径小的区域, 再加工图形简单的区域以及长线条等。加工中, 必要时需留下一些连接部位, 以免在划片操作最终完成前零件已与整体分开, 从而造成滑动和掉落等不利影响。对激光加工而言, 由于加工区域的精度和光洁度一般可满足封装零件的要求, 因此激光加工完成后不希望再有进一步较麻烦的操作如整边抛光等处理, 一般只经简单清洗后就可使用。这样在工夹具或支撑部件的设计使用方面也应有所考虑。

由于红外焦平面组件封装中涉及的零部件种类较多, 且材料及形状不一, 因此在路径规

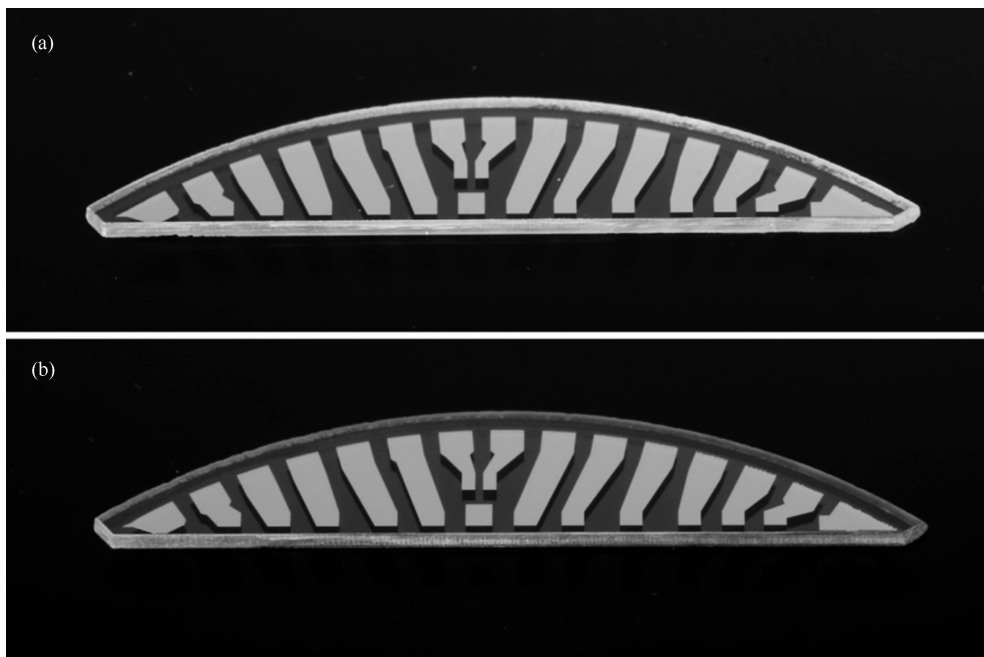


图 1 采用不同的焦点推进方式对厚度为 0.4 mm 的透明蓝宝石过渡电极板进行皮秒激光划片的效果照片: (a) 每扫描 10 次激光束焦点推进 0.1 mm, 总的激光扫描次数为 40 次; (b) 每扫描 1 次激光束焦点推进 0.04 mm, 总的激光扫描次数为 12 次

划以及工夹具设计方面很难有统一标准, 只能根据具体情况处理。实际激光划片加工中最简单的方法是将加工零部件直接置于同质的衬垫材料上加以固定, 然后用类似画图的方法进行刻划操作。此时, 虽然同质材料不会对零件产生有害玷污, 但这样一方面不易观察划片效果(如是否划透等), 另一方面用蓝膜或双面胶固定也易造成不平整和沾染。

我们采用的另一种操作方法是用工夹具或合适的材料将加工零部件支撑起来并使其悬空, 而加工完成后零件自然掉落。这样一方面易于观察划片效果(如是否划透等), 另一方面也不会有玷污问题。如将铁磁材料用作支撑物, 则工件可用小磁铁固定, 既清洁又方便。采用此方法的一个问题是要避免零件划透自然下落时可能产生的激光损伤。例如, 对于表面已制备好金属电极的过渡电极板来说, 激光束若作用于金属层则会对其产生损伤。为了解激光作用于金属层而产生损伤的情况, 我们进行了一系列测试, 包括采用不同的激光功率及合焦、离焦等条件(见图 2)。

从图 2(a)中可以看出, 在合焦及激光功率分别为 100%、10%、1%及 0.1%时, 激光束均对电极层产生了显著损伤; 当功率降至 0.1%时, 扫描 1 次金属层仍完全烧穿; 而在全功率下, 离焦 2 mm、4 mm、6 mm 及 8 mm

时也都对金属层产生了损伤。离焦 8 mm 时, 扫描 1 次对金属层造成的损伤也是不能接受的。因此, 对表面具有金属层的绝缘零件(如过渡电极板等)来说, 应该完全避免在划片操作中出现激光束扫到金属层的情况。此外, 即使对于不含金属层的同质材料, 在划片操作中激光束也不应扫到划片槽以外区域以避免可能引起的不利影响。

为解决此问题, 采取的基本思路如下: 改进支撑物的位置和形状, 使得样品划透后向外侧自然滑落, 从而避免激光束扫到电极金属层并产生损伤。为此, 我们针对不同样品在操作中采用了相应的支撑物(见图 3)。该方法的要点是必须使样品的划片槽尽量位于支撑物的边缘, 且此支撑物的边缘需有一定倒角, 使得样品划透后自然向外侧滑落。另外, 倒角区还可使支撑物上的金属不易溅到工件上以避免玷污, 且样品放置也较方便。

5 结束语

我们采用皮秒脉冲激光对红外焦平面组件封装中所用不同材料制成的多种薄片状零部件进行了划片加工, 均取得了良好效果。该方法现已成为常规工艺, 但具体工艺参数仍有一定的优化空间。本文对其中涉及的基本原理和设备进行了简单介绍, 并在此基础上对红外焦平面组件封装中常涉及的一些材料的特点及其与

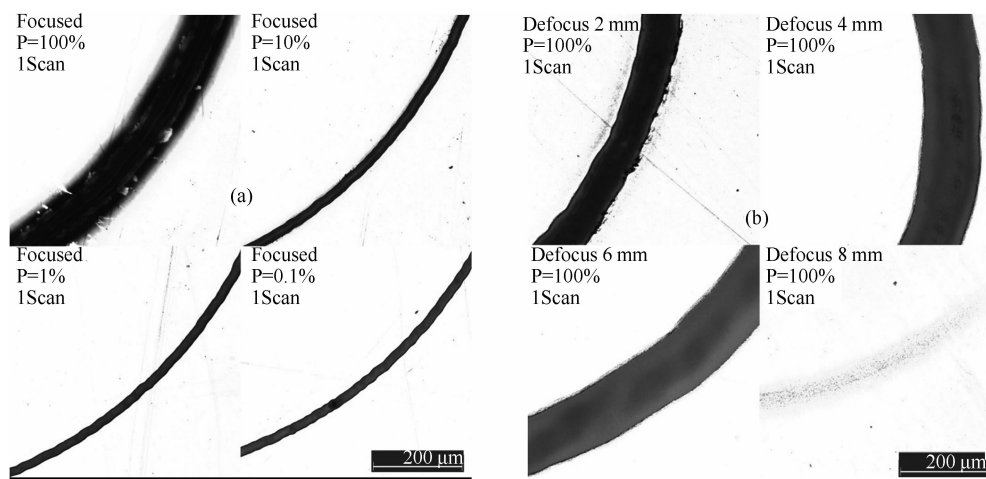


图 2 皮秒激光束扫描一次对蓝宝石过渡电极板上的 Cr/Au 电极层造成损伤的情况: (a)合焦变功率; (b)全功率变离焦

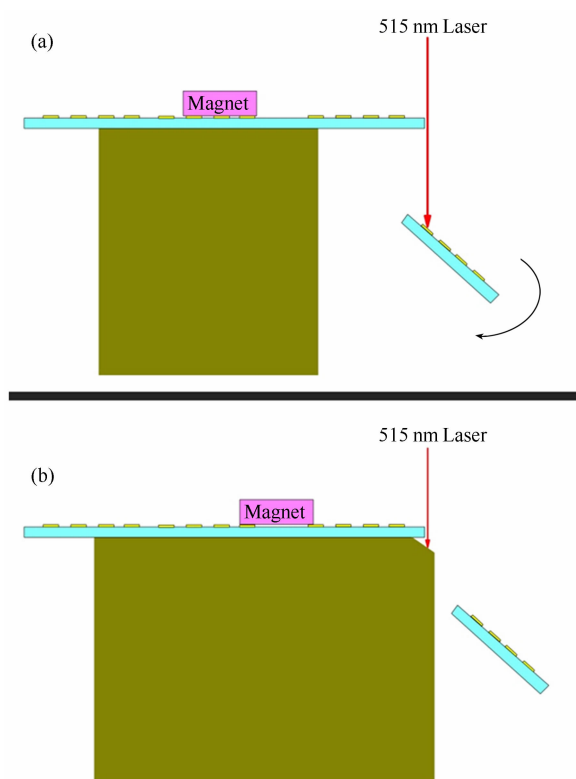


图3 皮秒激光划片操作中不同样品支撑方式的效果示意图：(a)划透后样品向内侧掉落，容易对电极层造成损伤；(b)通过改进支撑方式使样品向外侧掉落，可避免损伤

皮秒激光束的作用机理进行了梳理。据此，针对不同零部件的特点讨论了皮秒激光划片参数的设置及其优化，并就实际操作中如何提高工

作效率、节约原材料以及避免激光损伤等问题，在划片路径规划、工夹具及工件支撑等方面进行了探讨。下一步，我们将对不同材质及形状部件的激光参数进行多参数精细优化，以提高划片效率和保证划片质量上取得统一。

参考文献

- [1] Lawrence J. Advances in Laser Materials Processing [M]. Duxford: Woodhead Publishing, 2018.
- [2] Riveiro A, Quintero F, Pou J. Laser Fusion Cutting of Difficult Materials [M]//Lawrence J. Advances in Laser Materials Processing. Duxford: Woodhead Publishing, 2018.
- [3] Mingareev I, Fornaroli C, Gillner A. Laser Dicing of Silicon and Electronics Substrates [M]//Lawrence J. Advances in Laser Materials Processing. Duxford: Woodhead Publishing, 2018.
- [4] 张永刚, 顾溢, 马英杰. 半导体光谱测试方法与技术 [M]. 北京: 科学出版社, 2016.
- [5] 郭琛, 肖娜. LED用蓝宝石晶体衬底激光划片工艺 [J]. 中国照明电器, 2010, 30(3): 26-29.
- [6] Guo Y N, Zhang Y, Yan J C, et al. Sapphire Substrate Sidewall Shaping of Deep Ultraviolet Light-emitting Diodes by Picosecond Laser Multiple Scribing [J]. Appl Phys Express, 2017, 10(6): 062101.