

文章编号: 1672-8785(2018)12-0016-04

用于 InSb 探测器芯片的激光 划片工艺方案简析

李家发¹ 曹立雅¹ 张紫辰² 侯煜²

(1. 华北光电技术研究所, 北京 100015;

2. 中国科学院微电子研究所, 北京 100029)

摘 要: 针对 InSb 探测器芯片, 基于紫外皮秒激光器搭建了定制化的光学平台和振镜系统。通过固定激光脉冲的重复频率, 探讨了低能量多刀数以及高能量少刀数等工艺条件, 获得了适合 InSb 探测器芯片激光划片的工艺条件。结果表明, 热影响与崩边情况均可满足项目要求。

关键词: InSb 材料; 激光划片; 热影响; 崩边

中图分类号: TN21 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2018.12.004

Brief Analysis of Laser Scratching Technology for InSb Detector Chip

LI Jia-fa¹, CAO Li-ya¹, ZHANG Zi-chen², HOU Yu²

(1. North China Research Institute of Electron-Optics, Beijing 100015, China;

2. Institute of Microelectronics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China)

Abstract: A system containing an optical platform and a galvanometer is set up for InSb detector chips on the basis of an ultraviolet picosecond laser. By fixing the laser pulse repetition frequency, different technological conditions such as low-energy multi-knife-number and high-energy less-knife-number are discussed and the technological conditions suitable for laser scribing of InSb detector chips are obtained. The results show that by using these technological conditions, both heat effect and edge breakage meet the requirements of the project.

Key words: InSb material; laser scribing; heat effect; chipping

0 引言

激光划片技术是近些年发展起来的一种集光学、精密机械及计算机学科于一体的先进技术^[1,2], 是半导体工业中一种有效的划片方

法^[3]。在半导体工艺过程中, 将大的晶圆器件分割成若干小块时, 传统的砂轮划片方法存在崩边大、刀口边缘易产生裂纹等缺点。而激光划片方法则不会产生任何机械振动, 且刀口崩

收稿日期: 2018-11-21

作者简介: 李家发(1988-), 男, 湖南浏阳人, 工程师, 主要从事红外材料与器件工艺研究。

E-mail: ljf_ncrco@126.com

边小、精度高, 已广泛应用于半导体工业。因此, 为了解决 InSb 红外器件的边缘崩边问题, 开发激光划片技术迫在眉睫。但是, InSb 红外探测器材料对温度很敏感, 而且对划片边缘质量的要求也很高(微米级), 所以不能采用隐形切割的方式。另外, 传统的激光划片技术也存在热影响问题, 无法直接应用于 InSb 材料, 因此需要重新开发激光划片工艺来逐步代替砂轮划片。

1 激光划片原理

激光光束呈现为高斯分布, 具有方向性好、相干性强、光功率密度大等特点; 其加工原理是利用高强度的激光能量作用于材料的原子间共价键, 破坏并使其断裂, 导致晶体变为单个的原子或者分子^[4]。利用聚焦到被加工部位上的热量来融化材料, 使材料及表面的涂层溶解并蒸发, 形成划片槽。在此过程中会形成较大的热效应区域^[5,6]。

激光划片工艺中比较重要的参数是崩边大小^[5]和热影响区域。它们直接决定激光划片工艺的质量好坏。目前新的隐形切割技术(SD划片)虽然能够实现极小的热影响区域^[4], 但是只适合常规的晶圆片加工。对于 InSb 红外器件材料, 由于硬度大、脆性强, 扩膜时极易产生很大的崩边, 不适合进行扩膜处理。因此, 必须搭建光学平台, 开发新的激光划片工艺。

2 实验

本文选用的半导体红外器件材料为 InSb, 其厚度为 $650\ \mu\text{m}$, 试样尺寸为 $12\ \text{mm} \times 12\ \text{mm}$ 。实验中采用 Photonics Industries 激光器, 其波长为 $355\ \text{nm}$, 脉宽为 $7\ \text{ps}$, 光束控制为振镜系统, 场镜焦距为 $100\ \text{mm}$, 整形元件为 $7\ \text{mm}$ 入口圆平顶。图 1 所示为实验搭建的光学平台。

影响激光划片质量的主要参数有激光脉冲的重复频率以及激光能量的大小等。激光的平均输出功率及脉冲峰值功率随脉冲重复频率的

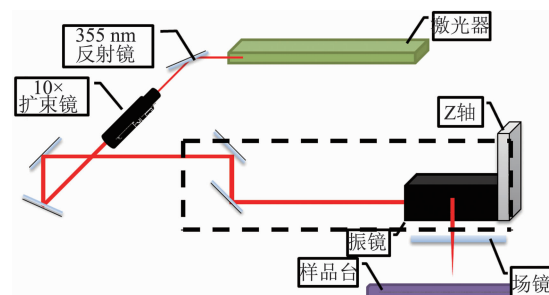


图 1 实验搭建的光学平台

变化而变化^[6]。对于厚度为 $650\ \mu\text{m}$ 的 InSb 材料, 为了使刻槽最深并防止其出现不连续的现象^[6,7], 通过实验得出了激光脉冲的重复频率取 $100\ \text{kHz}$ 的结果。相应的激光平均功率为 $3\ \text{W}$, 整个光路大概有 30% 的能量损失, 即 10% 能量为 $200\ \text{mW}$, 100% 能量为 $2\ \text{W}$ 。

激光能量越高, 在单位时间内切割的材料越多, 效率就越高, 同时热影响也会越大。InSb 红外探测器的材料厚度为 $650\ \mu\text{m}$, 此时由于低能量切割慢、效率低, 需要找到一个合适的能量值, 即在保证效率的同时, 也要尽量将热影响控制得更小。因此从中选用 3 个能量 (49% 能量、 65% 能量、 80% 能量) 进行试验。

3 实验结果与讨论

3.1 崩边

由于直接影响器件的成品率, 崩边大小是评价划片工艺的标准参数之一。激光器能量的高低和切割刀数的多少会直接影响划切效果。分别采用 49% 能量、 65% 能量和 80% 能量进行了试切。在切透同一厚度的样品时, 需要采用不同的切割刀数。图 2~图 7 所示为划片效果的对比情况。

从图 2~图 7 中可以看出, 激光划片的崩边明显优于砂轮划片, 后者的崩边在 $20\ \mu\text{m}$ 以上, 而前者则可控制在 $5\ \mu\text{m}$ 以内, 能量越高, 需要切割的刀数越少, 表面状态也越差。 80% 能量时, 刀口边缘有很多熔融物, 已经影响到器件使用; 49% 能量时, 表面状态较好; 65% 能量时次之。另外, 从三种不同能量划切的材料截面图中可以看出, 截面比较光滑且已划透。

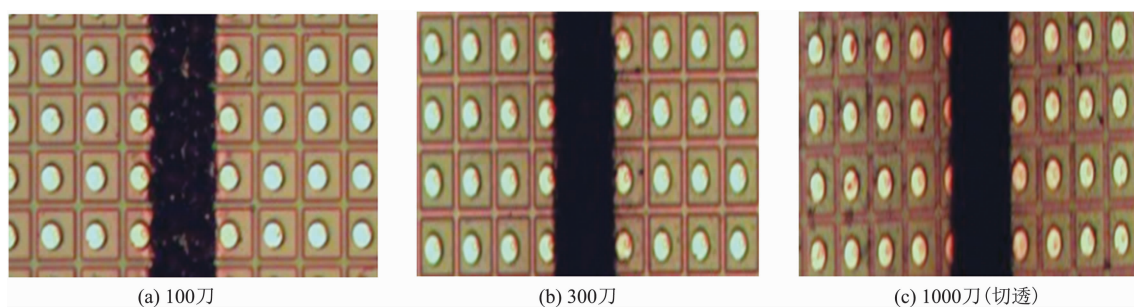


图 2 49%能量时的切割过程形貌

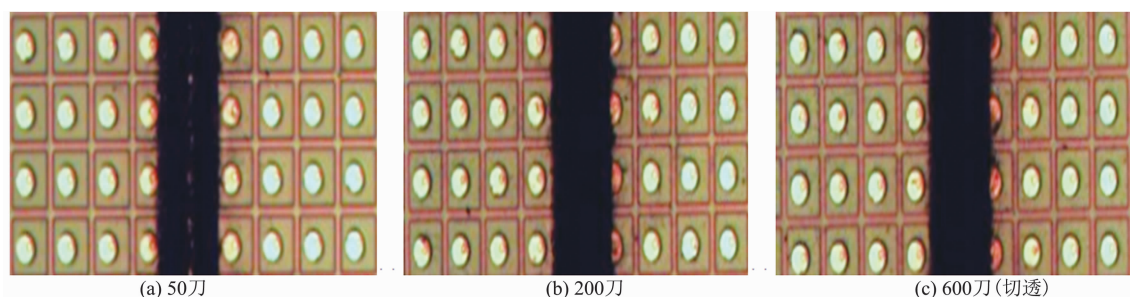


图 3 65%能量时的切割过程形貌

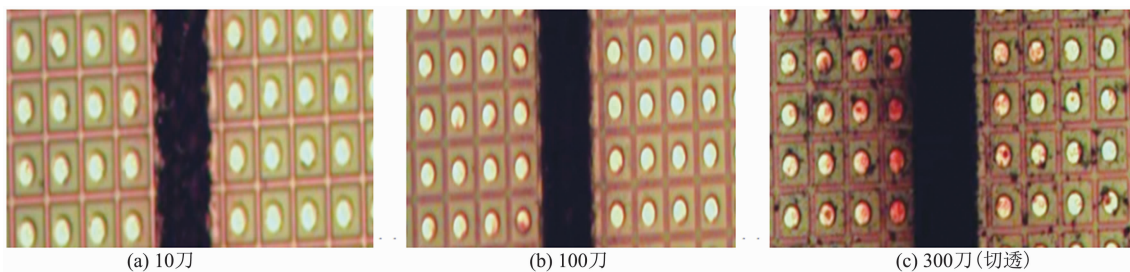


图 4 80%能量时的切割过程形貌

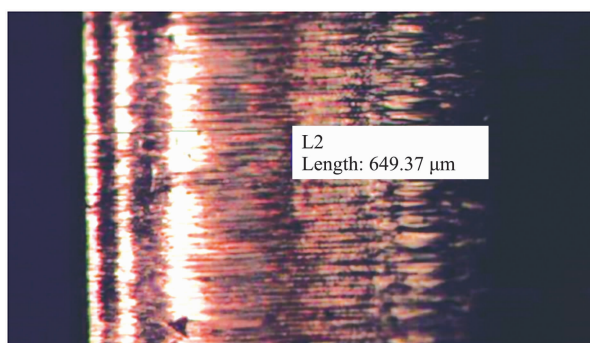


图 5 激光划切的横截面图

3.2 热影响

取下三种不同激光能量划片样品，并在低温(77 K)下测试器件的 I-V 曲线，以判断激光划切对器件的热影响程度。在 I-V 测试中，80%能量实验样品没有响应，且直接烧坏；分别测试 49%能量和 65%能量实验样品在距划

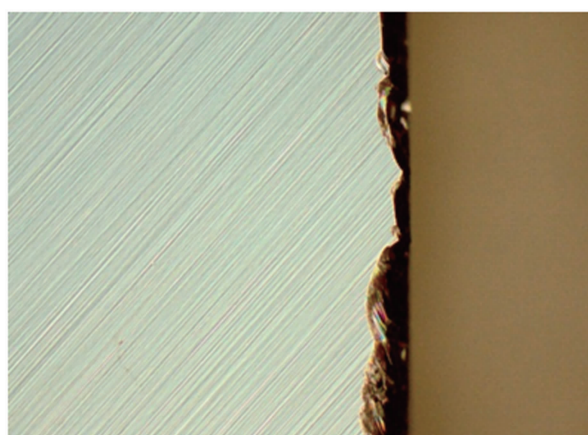


图 6 砂轮划片的刀口边缘形貌

切边缘 15 μm 、165 μm 、315 μm 、465 μm 、615 μm 、765 μm 等位置上的 I-V 曲线。图 8 和图 9 所示为测试结果。

从上面的测试结果中可以看出，49%能量

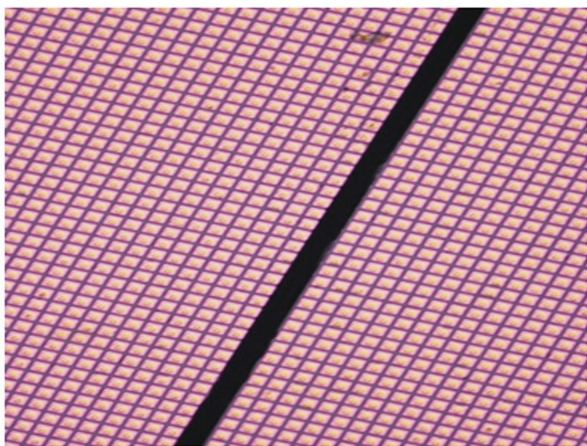


图 7 激光划片的刀口边缘形貌

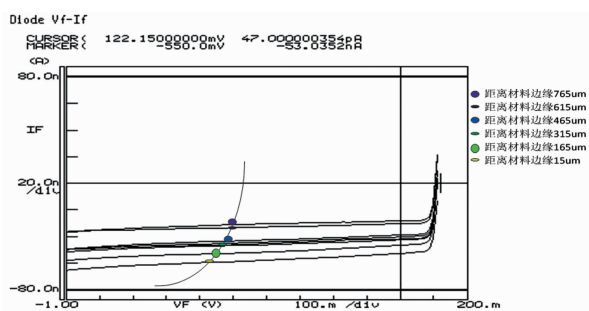


图 8 49%能量切割样品的 I-V 曲线与边缘的距离关系图

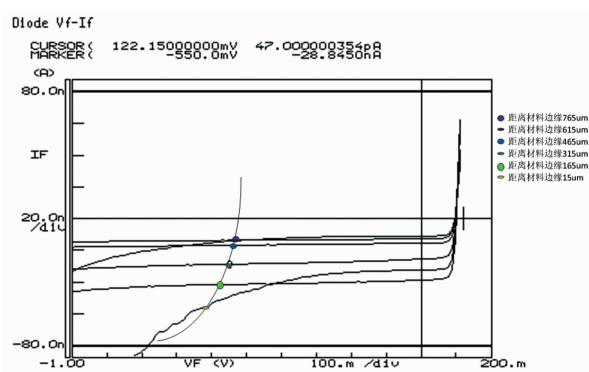


图 9 65%能量切割样品的 I-V 曲线与边缘的距离关系图

切割样品的 I-V 曲线更稳定, 变化也更小; 65%能量切割样品已有两个点击穿且不稳定。距离边缘越近, 截止电流越大, 热影响越大, 开路电压基本相同(正常值); 距离边缘越远,

截止电流越趋于正常值(20 nA 左右), 热影响越小。当距离刀口边缘约 0.5 mm 以上时, 截止电流达到正常值(20 nA 左右), 此时激光划切的热影响基本可以忽略不计。

4 结束语

通过以上实验及分析可知, 在新搭建的工艺平台上, 对于 InSb 材料, 激光划片的崩边效果比砂轮划片好很多, 能够满足使用要求。选用 49% 能量多刀划切时, 效率较低, 但刀口边缘更加光滑, 热影响区域相对较小, 且在距离边缘 0.5 mm 以上区域基本可以忽略不计。这种激光划切工艺条件可以初步应用在预留边角较大的 InSb 材料器件上。为了进一步减小热影响区域, 后续可以考虑加入光阑以及采用多种防护手段, 比如外加冷却风、激光保护膜等。

参考文献

- [1] 浜崎正信著. 陈敬之译. 实用激光加工 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1992.
- [2] 朱企业. 激光精密加工 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1990.
- [3] 涂华等. 基于 LTCC 基板的微系统封装技术基础研究 [D]. 北京: 北京大学, 2011.
- [4] 王贤洲. 不同切割方式对 GaN 基 LED 芯片外量子效率影响的研究 [D]. 西安: 西安电子科技大学, 2013.
- [5] 张晓云, 唐卓睿. 生瓷带冲孔工艺设备应用及发展趋势 [J]. 电子工业专用设备, 2014, 44(5): 1-7.
- [6] 齐军, 王昆林, 梁绵长, 等. 激光脉冲重复频率对 InSb 划片的影响 [J]. 微细加工技术, 1999, 11(12): 69-73.
- [7] 王磊. 紫外激光在半导体芯片切割中优势的研究 [J]. 电子工业专用设备, 2010, 40(2): 13-16.