

# T/ZOIA

## 中关村光电产业协会团体标准

T/XXX XXXX—XXXX

### 激光解键合工艺仿真要求

Simulation Requirements for Laser Debonding Processes

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中关村光电产业协会 发布

## 目 次

前 言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 一般要求 .....	2
5 基本流程 .....	2
6 详细要求 .....	2
7 数据管理要求 .....	4
参 考 文 献 .....	5

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由武汉大学提出。

本文件由中关村光电产业协会归口。

本文件起草单位：武汉大学、武汉理工大学

本文件主要起草人：陈志文、王倩、刘俐

# 激光解键合工艺仿真要求

## 1 范围

本文件规定了激光解键合工艺仿真的一般要求，基本流程，以及仿真方案的制定、仿真模型构建、仿真运行分析、结果评价与优化的详细要求。

本文件适用于超薄器件相关产品制造过程中激光解键合工艺仿真有关的应用验证、结构开发、参数优化等。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 15313 激光术语

ISO 11145:2018 光学和光子学 激光和激光设备 词汇和符合 (Optics and photonics-lasers and laser-related equipment-Vocabulary and symbols)

GB/T 39334.1-2020 机械产品制造过程数字化仿真 第1部分：通用要求

GB/T 26099.1-2010 机械产品三维建模通用规则 第1部分：通用要求

GB/T 42869-2023 机械产品三维模型简化与轻量化要求

DB42/T 1506-2019 三维实体模型 参数化建模技术规范

GB/T 39334.5-2020 机械产品制造过程数字化仿真 第5部分：典型工艺仿真要求

GB/T 16722.4-2008 技术产品文件 计算机辅助技术信息处理 文件管理与检索系统

## 3 术语和定义

GB/T15313和ISO11145:2018界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 几何模型 geometry

使用几何概念描述物理或者数学物体形状，一般包括点、线、面、体等元素构成集合。

### 3.2 材料属性 material property

用于描述机械结构所用材料物理特性的数据集合。

### 3.3 边界条件 boundarycondition

用于描述机械结构在给定工况下，求解域边界上几何以及物理条件，如力、温度、速度、位移等约束及载荷信息；

### 3.4 网格划分 mesh

:把几何模型分成很多小的单元，作为具有几何、物理属性的最小的求解域:

### 3.5 脉冲持续时间 full width half maximum pulse duration; FWHM pulse duration

#### 脉冲宽度 pulse width

脉冲激光上升和下降沿曲线的半峰值功率点之间对应的时间间隔注:脉冲激光按照激光脉冲持续时间可分为短脉冲(<1 $\mu$ s)和超短脉冲(<1ns)。

来源:ISO 11145:2018,3.14.2,有修改]

### 3.6 能量密度 energy density

$H(x,y)$

在 $(x,y)$ 位置上, $\Delta A$ 面积上的光束能量除以面积 $\Delta A$ 。

注:从物理上能最密度等同于辐射盘,它们的测盘单位都是单位面积上的焦耳数。能量密度主要用于描述光束的辐射分布,而曝辐射量主要用于描述入射表面的辐射分布。

### 3.7 激光响应材料 laser Response Materials

吸收激光能量后,能够在分子内或分子间产生化学或物理变化的材料。

### 3.8 激光透过率 laser transmittance intensity

从物体透过与入射的光通量或光强的比值

## 4 一般要求

4.1 仿真内容应包括但不限于超薄器件相关产品制造过程中激光解键合工艺仿真有关的应用验证、结构开发、参数优化等。

4.2 仿真模型应包括工艺参数、材料属性参数等。

4.3 应依据产品结构以及激光解键合工艺参数确定仿真目标,可以为独立的工艺参数目标,也可以为产品结构与工艺参数相关联的仿真目标,依据仿真目标设计仿真模型、步骤,并进行仿真计算设计。

4.4 仿真结果评价与验证、优化工作可以进行相互迭代进行,可以对激光解键合工艺进行验证。

## 5 基本流程

激光解键合工艺典型工艺仿真流程按GB/T 39334.1-2020第6章确立的4个阶段进行,具体如下:

a) 仿真方案制定。应依据工艺方案、产品信息、仿真目标、标准规范以及资料收集情况,如产品结构、工艺参数等信息制定验证工艺设计的激光解键合工艺仿真方案。在仿真方案中,仿真平台搭建具体内容应包括但不限于:几何模型构建软件、模型渲染与处理软件、工艺仿真运行分析软件、数据管理软件、软件集成接口;

b) 仿真模型构建。依据工艺过程构建仿真模型,也可以通过建立多工艺仿真模型库缩短建模工作时间;

c) 仿真运行分析。围绕预定仿真目标,按仿真需求输入工艺数据,并构建仿真过程序列进行仿真分析,再根据仿真结果对仿真方案和仿真模型进行调整。也可以组合算法构建仿真算法库应对复杂层次的仿真分析需求;

d) 结果评价与优化。应建立工艺过程仿真结果评价原则,对仿真结果进行评价,并依据评价结果开展多方案的工艺过程调整和优化。

## 6 详细要求

### 6.1 仿真方案制定

#### 6.1.1 仿真目标

开展激光解键合工艺仿真前,应确定仿真目标,具体内容包括但不限于:

- a) 验证和改善产品结构的设计合理性与可制造性;
- b) 验证和优化工艺参数正确性,确定最佳参数范围;
- c) 验证激光解键合工艺过程工艺路线的可执行性。

#### 6.1.2 其他

6.1.2.1 激光解键合工艺仿真输入相关的工艺参数应包括激光能量密度、光斑尺寸、脉冲宽度等

- 6.1.2.2 产品信息相关的结构参数应包括载片尺寸、器件尺寸、激光响应材料尺寸等。
- 6.1.2.3 激光解键合工艺仿真涉及的其他参数应包括传热系数、激光透过率等。

## 6.2 仿真模型构建

### 6.2.1 几何模型构建

激光解键合工艺仿真几何模型构建应按照GB/T 26099.1-2010、GB/T 42869-2023以及DB42/T 1506-2019规定进行，并符合以下要求：

- a) 几何模型构建时应准确地表达产品的结构信息；
- b) 模型在一般条件下需与产品实际结构保持1:1的比例关系；
- c) 在确保仿真精确度的情况下，可以简化模型，主要方法包括去除对结构特性没有太大影响的小孔、小平面等；
- d) 几何模型建立过程中各结构层间不应该有缝隙等，若用已有模型生成仿真模型时，不应该产生多余的线、面等特征；
- e) 几何模型建立之后，需对模型的有效性和规范性进行检查。

### 6.2.2 材料属性定义

材料属性需要包括载片、激光响应材料、超薄器件等各结构所用材料的物理信息，如密度、比热容、导热系数等。

### 6.2.3 参数设置

参数设置应符合以下要求

- a) 需要包括激光解键合工艺过程中的具体工艺信息，如：激光能量密度、激光扫描路径、激光脉冲宽度、激光重复频率等；
- b) 按照实际激光解键合工艺过程设置边界条件；
- c) 应按照实际工艺参数信息，合理设置激光加载时间以及激光解键合仿真时间；

### 6.2.4 网格划分

网格划分应按照GB/T 39334.5-2020规定进行，具体要求如下：

- a) 对模拟关键区域需要进行网格加密处理，对非关键区域、单一材料大尺寸区域可以采用较稀疏的网格，节省计算资源；
- b) 网格应该无自由节点、无重合节点；
- c) 网格单元单元无重合、无断裂、无干涉；
- d) 面网格单元法线方向应一致；
- e) 网格划分完成后，需进行网格无关性验证；

## 6.3 仿真运行分析

### 6.3.1 数值仿真分析

数值仿真分析主要是根据仿真目标实施数值仿真计算，其工作内容包括但不限于：

- a) 激光解键合过程中温度随时间的变化模拟；
- b) 激光解键合过程中因热失配引起的应力应变；
- c) 激光解键合工艺参数化分析

### 6.3.2 仿真结果输出

激光解键合工艺仿真完成后，生成的仿真结果可以是图片形式、动画形式以及数据等形式，其显示内容应包括但不限于：

- a) 激光解键合过程中温度分布；
- b) 在激光解键合过程中应热失配引起的超薄器件应力应变分布；
- c) 不同激光参数仿真结果

#### 6.4 结果评估与优化

激光解键合工艺仿真结果与优化应符合以下要求：

- a) 激光解键合工艺仿真结果评价内容包括但不限于激光扫描路径、激光能量密度、激光光斑尺寸等；
- b) 通过仿真结果对激光解键合工艺参数进行合理化验证，与实验结果进行比对分析，确定仿真结果的准确性；
- c) 根据仿真结果对激光解键合工艺仿真方案与仿真模型进行调整优化并迭代计算，获取进一步仿真结果，通过比对分析，总结仿真技术路线。

### 7 数据管理要求

激光解键合工艺仿真数据的管理应按照GB/T 16722.4-2008的规定，在超薄器件制造过程的激光解键合工艺参数应用验证、参数优化等过程中都能提供必要的信息。

## 参 考 文 献

- [1]. Mo, Z., et al., *Temporary Bonding and debonding in advanced packaging: recent progress and applications*. Electronics, 2023. **12**(7): p. 1666.
- [2]. Srinivasan, D.V. and S. Idapalapati, *Review of debonding techniques in adhesively bonded composite structures for sustainability*. Sustainable Materials and Technologies, 2021. **30**: p. e00345.
- [3]. Wang, S., et al., *Laser debonding application in ultra-thin device processing*. Applied Optics, 2023. **62**(23): p. 6140-6146.
- [4]. Huang, D., et al., *Controlled thermal imidization of thermoplastic polyimide for temporary bonding and debonding in advanced packages*. ACS Applied Polymer Materials, 2022. **4**(11): p. 8508-8519.
- [5]. Webb, B.C. and P. Andry. *Simulation of thermal pulse evolution during laser debonding*. in *2015 IEEE 65th Electronic Components and Technology Conference (ECTC)*. 2015.
- [6]. Anwar, T.B., et al., *Nanosecond laser debonding of strong adhesives*. The Journal of Adhesion, 2024. **100**(3): p. 186-199.
- [7]. Mimura, H., et al., *Comparison of different bonding materials for laser debonding*. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 1995. **108**(3): p. 267-273.
- [8]. Ravi - Kumar, S., et al., *Laser ablation of polymers: A review*. Polymer International, 2019. **68**(8): p. 1391-1401.
- [9]. Wang, F., et al. *Ablation Behaviour of Photosensitive Materials in Laser Debonding Processes for Advanced Packaging*. in *2023 24th International Conference on Electronic Packaging Technology (ICEPT)*. 2023.
- [10]. Zhang, J., et al. *Effect of Different Defects in Temporary Bonding on Laser Debonding*. in *2023 24th International Conference on Electronic Packaging Technology (ICEPT)*. 2023.
- [11]. Kennes, K., et al. *Acoustic modulation during laser debonding of collective hybrid bonded dies*. in *2021 IEEE 71st Electronic Components and Technology Conference (ECTC)*. 2021.
- [12]. Wang, F., et al., *Oriented design of wafer-level stacking structures to enhance reliability of laser debonding of thin devices*. Optics & Laser Technology, 2024. **169**: p. 110169.
- [13]. Liu, X., et al. *A Single-Layer Solution with Laser Debonding Technology for Temporary Bond/Debonding Applications in Wafer-Level Packaging*. in *2020 China Semiconductor Technology International Conference (CSTIC)*. 2020.
- [14]. Tian, W., et al., *Laser lift-off mechanism and optical-electric characteristics of red Micro-LED devices*. Optics Express, 2023. **31**(5): p. 7887-7899.
- [15]. 王孟洁,王菲,张承双,等.平顶激光辐照 CF/PEEK 复合材料熔凝过程有限元仿真[J].激光与光电子学进展, 2023, 60 (13): 257-263.
- [16]. 张俊,张为国. Micro-LED 蓝宝石衬底 AlN 上 GaN 激光剥离研究 [J]. 激光技术, 2023, 47 (01): 25-31.
- [17]. 张俊,冯杰才,袁军亭. 激光加工虚拟仿真实验系统设计与开发 [J].实验室科学, 2021, 24 (06): 171-174.
- [18]. 吴雪峰,梅三林.飞秒激光加工机理及仿真研究进展 [J]. 激光与光电子学进展, 2021, 58 (19): 1-17.