

基于图像分割的激光器芯片腔体缺陷检测方法研究

丁汉栋

联通（山西）产业互联网有限公司 山西太原

【摘要】随着激光技术的快速发展，激光器芯片在多个行业里都有广泛的应用，包括通信、激光加工以及医疗等。激光器芯片的性能是直接影响激光系统的关键，当激光器芯片存在缺陷，很有可能导致整个激光系统的稳定性与可靠性减弱，目前腔体缺陷作为影响激光器芯片使用效果的主要因素，需要在激光器芯片使用期间，详细对芯片腔体缺陷进行检测。但是，传统的激光器芯片腔体缺陷检测方法存在检测精度低、速度慢等问题，难以满足大规模生产和高质量要求。为此，本文将针对图像分割技术进行分析，确保能够对图像中目标区域进行准确分割，保障激光器芯片腔体缺陷检测的效果，为今后激光器芯片腔体缺陷检测提供全新方向。

【关键词】图像分割；激光器芯片；腔体缺陷；检测方法

【收稿日期】2025 年 6 月 14 日

【出刊日期】2025 年 7 月 15 日

【DOI】10.12208/j.sdr.20250108

Research on laser chip cavity defect detection method based on image segmentation

Handong Ding

Unicom (Shanxi) Industrial Internet Co., Ltd. Taiyuan, Shanxi

【Abstract】 With the rapid advancement of laser technology, laser chips have found extensive applications across multiple industries including communications, laser processing, and medical fields. The performance of laser chips directly determines the stability and reliability of laser systems. Defects in laser chips can significantly compromise system performance, making cavity defects—the primary factor affecting chip functionality—critical for thorough inspection during operation. However, traditional detection methods suffer from low accuracy and slow speed, failing to meet mass production and high-quality requirements. This paper analyzes image segmentation techniques to ensure precise target area division in images, thereby enhancing defect detection effectiveness. These findings provide a novel approach for future laser chip cavity defect analysis.

【Keywords】 Image segmentation; Laser chip; Cavity defect; Detection method

随着科技的更新迭代，激光器芯片在通信、医疗、军事等多个行业领域中有着广泛的应用，能更好地保障行业发展的实际效果。但是，以目前激光器芯片制造过程来看，在激光器芯片制造的过程中，芯片墙体可能会产生多种缺陷问题，常见的有裂纹、杂质、形状不规则等，在墙体缺陷问题的影响下，对激光器芯片的稳定性和安全性有着较为严重的影响。因此，加强对激光器芯片缺陷的检测，也是保障激光器芯片腔体质量的关键方式。现阶段，在对激光器芯片腔体缺陷检测工作中，提出以图像分割技术

为主，借助先进的图像处理技术，对激光器芯片腔体图像进行深入的研究和分析，进而解决激光器芯片腔体缺陷问题，通过激光器芯片腔体图像的深入分析，实现对各种缺陷问题精准识别和定位。

1 图像分割常见方法

图像分割作为图像处理的核心技术，在图像分割期间可以将原本图像内的像素或者区域分为相似属性的多个部分。现阶段，图像分割技术在多个行业应用中都有重要的作用，尤其是在激光器芯片腔体缺陷的检测中，图像分割技术的重要性更加明显，

作者简介：丁汉栋（1978-）男，汉族，陕西汉中中人，研究生，高级工程师，研究方向：工业互联网、能源互联网、网络安全、数字经济、5G+物联网、云计算、图计算、边缘计算、区块链、数字孪生、信息系统项目管理师（高级）等。

常见的图像分割技术主要包括以下几种。

1.1 基于阈值的分割方法

阈值分割方法作为目前图像分割期间常见方法,在阈值分割期间需要通过设定一个或者多个阈值,对图像的像素进行划分,评估像素值是否超过设定阈值,按照超出设定阈值的情况,将图像进行分类。阈值分割的方式适用于灰度图像或者亮度差异明显的图像,能够确保图像的快速分割^[1]。

1.2 基于区域的分割方法

区域分割的方法主要是根据像素之间的相似性,如按照颜色、纹理等将图像划分为不同的区域。目前,常见算法包括区域生长算法和分割合并算法,区域生长算法是从一组图片的初始种子点,不断将相似的元素加入种子点所在的区域,直到区域内没有满足相似条件的元素;分裂合并算法主要是将图像分裂为更小的区域,对相似区域进行合并,最终形成分割的结果^[2]。

1.3 基于边缘的分割方法

边缘分割方法需要通过对图像边缘信息进行检测,如梯度变化较大的位置,根据边缘检测的结果对图像进行分割。在边缘分割法应用期间,需要借助边缘检测算子,检测图像中的边缘点信息,根据

边缘点将图像分割成不同的部分。目前,边缘分割的方法更加适合在清晰边缘图像的处理中,借助边缘分割的方法准确提取物体的实际轮廓,加强图像处理的效果和质量^[3]。

1.4 基于特定理论的分割方法

特定理论分割方法在应用期间,需要利用聚类分析、模糊集理论等特定数字模型或者算法,对需要处理的图像进行分割。聚类分析作为无监督学习的方法,通过迭代更新的方式将相似像素归为同一类,从而保证图像自动分割的效果。模糊集理论主要是对不确定性问题进行处理的有效工具,在图像处理期间可以将图像中模糊和不确定的区域进行识别,保证精细化图像分割的效果。模糊集理论的图像分割方法常用于复杂、不确定性的图像分割任务之中,能够提供精确和鲁棒的分割结果^[4]。

2 图像中噪声和不均匀问题的解决方法

图像分割处理的过程中,经常会出现噪声和不均匀的问题,常见为光照变化、阴影变化、噪声点等多种问题,对后续图像分割任务会产生较为严重的影响。为了能够有效处理图像中噪声和不均匀的问题,在图像分割处理期间可以采取以下几种措施,加强对图像分割处理的效果(如表1)。

表1 图像处理技术对比表

技术类别	具体方法	主要功能	适用场景	优势	局限性
预处理技术	高斯滤波	通过加权平均减少高频噪声	高斯噪声、均匀光照	平滑效果好,计算简单	可能模糊边缘细节
	中值滤波	通过邻域中值替换像素值,去除椒盐噪声	脉冲噪声、非均匀光照	有效去除孤立噪点,保留边缘	对大噪声区域效果有限
	直方图均衡化	扩展像素值分布范围以增强对比度	低对比度图像	全局改善对比度,无需参数	可能放大背景噪声
自适应阈值方法	局部二值化(如 Otsu)	根据局部像素分布动态计算阈值	光照不均匀的文档/生物样本	适应局部变化,避免全局阈值误差	计算复杂度较高
形态学操作	开运算(腐蚀+膨胀)	消除小物体并保持原形状	显微图像、工业检测	有效去除细小噪点	需要手动选择结构元素
	闭运算(膨胀+腐蚀)	填充孔洞并平滑边界	医学图像分割	连接断裂区域	可能改变目标尺寸
多尺度分析	小波变换去噪	在不同频率子带分离噪声与信号	纹理复杂的遥感图像	保留边缘同时降噪	需选择合适的小波基

2.1 预处理技术

预处理技术中常见的方法包括高斯滤波、中值滤波等,借助滤波的优势对图像中的噪声进行去除,而直方图均匀化或者对比度增强,可以对图像中不均匀性进行改善,在技术的应用中可以有效减少图

像中存在的噪声,确保图像整体对比度更具有均匀性,从而提升图像分割的实际效果^[5]。

2.2 自适应阈值方法

根据图像的局部特征对设定阈值进行动态化调整,确保能够适应图像不同区域带来的光照和噪声

情况,在自适应阈值的处理方式下,能够对图像内容进行精准获取,减少因为光照变化或者噪声干扰导致的错误分割情况^[6]。

2.3 形态学操作

形态学操作期间可以使用腐蚀、膨胀、开运算和闭运算等多种方式,对图像中的小物体、孔洞和平滑边界进行去除,在形态学操作中可以减少图像中小噪点、断裂或者孤立像素区域的存在,加强物体轮廓的完整性和连续性。

2.4 多尺度分析

多尺度分析期间常见方式为小波变换,在小波变换处理技术中,可以保证不同尺度上图像的分析和处理效果,从而有效地去除噪声,对图像特征进行提取和归类,在多尺度分析中,可以将图像中的重要信息进行保留,提升图像处理的精确性效果。

3 机器视觉检测方法

激光器芯片腔体缺陷检测工作开展期间,机器视觉检测方法有着重要的作用,能够有效提升激光器芯片腔体检测的效果。目前,机器视觉检测方法主要包括图像处理,机器学习,卷积神经网络,深度置信网络,全卷积网络,自编码器,不同检测方法都具有自身优势和缺陷,适用的场景也会存在些许差异。

4 检测准确率与实时性的提升策略

4.1 优化特征提取

根据传统图像处理技术和深度学习算法,在激光器芯片腔体缺陷检测期间,可以提出更加精准、代表性较强的图像特征,通过原始腔体缺陷图片进行分类和分割,从图像中提取具有价值的特征信息,包括颜色、问题和形状,对复杂语义特征关系进行抽取。在特征提取期间通过训练和优化,模型能够准确理解图像内容,保障激光器芯片腔体缺陷检测的效果和质量^[7]。

4.2 加强模型泛化能力

数据增强和正则化等先进技术可以有效提升模型的泛化能力,确保在激光器芯片腔体缺陷检测中,可以适应不同类型的缺陷和复杂的光照条件。数据增强剂作为检测期间较为有效的技术手段,通过数据对几何图形进行转变,保证在任何光照条件下都能精准识别激光器芯片的缺陷问题,生成大量的全新样本,保障训练集的多样性效果。通过模型泛化能力的提升,可以保障激光器芯片腔体缺陷图片识

别期间,可以对噪声和扰动的情况进行提取,在真实应用场景中稳定复杂的变化效果。正则化技术可以通过增加约束条件或者惩罚项,防止模型在训练中出现拟合的情况,进一步加强激光器芯片腔体缺陷的检测质量^[8]。

4.3 集成学习方法

集成学习方法主要是将多个检测模型产生的检测结果进行整合,通过投票或者加权平均等统计方式,提升激光器芯片腔体缺陷检测的准确性。在集成学习理念下通过综合多模型检测结果,降低单一模型检测产生的数据误差,保障检测性能的稳定提升。在实际检测工作开展期间,不同模型的检测优势和缺陷较为显著,需要检测技术人员对结果进行优化和筛选,减少数据缺陷造成的负面影响。

4.4 轻量级模型设计

深度学习技术的应用可以提升检测模型的性能和效率,在轻量级模型设计及期间,通过缩减模型的参数和计算层数,将复杂模型进行极简化应用,减少模型存储需求和内容占用,提升激光器芯片缺陷图像处理模型的特征抽取和推理速度,保障模型检测的精准度,提升模型优化后的良好性能。

4.5 并行处理

借助图像处理技术中的多线程、多进程等并行处理优势,保障激光器芯片腔体缺陷图像的批量处理和响应速度。在并行处理技术的使用过程中,可以有效减少激光器芯片腔体缺陷图片处理所需要的时间,提升图像处理的实时性和精准性,保证在最短时间内获得处理的结果,满足检测工作提出的需求。

结束语:基于图像分割的激光器芯片腔体缺陷检测方法,作为半导体制造行业中的重要技术手段,为了能够满足高效的缺陷检测要求,在图像分割技术研发创新期间,需要将多种较为先进的技术和策略进行使用,确保能够提升检测工作的准确性和有效性。在图像分割的方式下,不仅要借助高精度图像分割算法,还需要采用图像处理技术和机器学习算法,针对激光器芯片腔体特殊结构,对检测流程和参数进行优化,进一步提升检测结果的可靠性和准确性。未来技术的创新中,可以根据深度学习技术和硬件性能的提升,保障图像分割和缺陷检测的精确度,确保可以支持更加复杂和高效的图像算法,将可靠、高效和智能的缺陷检测方法进行使用,推动行业在新时期的快速发展。

参考文献

- [1] 周文超,邓婷,彭琛,曹玉龙,魏蔚,刘斯靓,王静.基于光腔衰荡大口径取样光学元件性能测试与缺陷分析[J].强激光与粒子束,1-7.
- [2] 刘亚楠,佟存柱,汪丽杰,彭航宇,郑显达,郭英俊,季云菲,王延靖,陆寰宇.高功率低发散角 905nm 布拉格反射波导激光器[J].中国激光,1-15.
- [3] 袁庆贺,朱盈盈,江向军,黄婷,刘素平,马骁宇.窄线宽内腔半导体激光器研究进展[J].激光与光电子学进展,1-24.
- [4] 刘泽宇,胡佳其,王帅,叶建林,刘璐,郭阳阳,李豪,曾荣昌,任凌宝,单智伟.车用镁合金激光焊接质量控制及服役性能研究进展[J].稀有金属材料与工程,2025,54(05):1377-1396.
- [5] 耿祥瑞,柴斌,刘舒杨,陈昱卓,李洋,黄俊昌.电子式电流互感器中供能激光器特征寿命研究[J].光学与光电技术,2025,23(03):22-29.
- [6] 湛潼,谢勤岚.用于 3D 医学图像分割的空间通道并行网络[J/OL].中南民族大学学报(自然科学版),1-8[2025-07-18].<https://doi.org/10.20056/j.cnki.ZNMDZK.20250827>.
- [7] 窦伦伦.基于图像分割的激光器芯片腔体缺陷检测方法研究[D].太原理工大学,2023.
DOI:10.27352/d.cnki.gylgu.2023.002423.
- [8] 宋忠林,闫娇,马韞韬,等.基于改进 UNet 模型的土壤 CT 图像分割方法[J/OL].土壤,1-10[2025-07-18].
<https://doi.org/10.13758/j.cnki.tr.2025.03.018>.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS