

学校编码: 10384

分类号\_\_\_\_\_密级\_\_\_\_\_

学号: 19920111152749

UDC\_\_\_\_\_

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

# 基于 Open CASCADE 的 MID 激光直接成 型 CAM 系统开发研究

## Research on Development of CAM System Based on Open CASCADE for MID Laser Direct Structuring

胡文娟

指导教师姓名: 卓 勇 副教授

专 业 名 称: 机 械 工 程

论文提交日期: 2014 年 4 月

论文答辩时间: 2014 年 月

学位授予日期: 2014 年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2014 年 月



基于 Open CASCADE 的 MID 激光直接成型 CAM 系统开发研究

胡文娟

指导教师

卓勇

副教授

厦门大学



## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( )课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日



## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月





## 摘要

在机电一体化领域，3D-MID（Three Dimensional - Molded Interconnect Devices，三维模塑互连器件）指的是一种创新性的工艺技术，它抛弃了传统的电路板，直接在注塑成型的塑料壳体上集成机械和电子功能。激光直接成型（Laser Direct Structuring）技术工艺是 MID 目前最先进和成熟的制造工艺，但是 LDS 工艺还有很广泛的应用局限性，其中 LDS 设备还存在一定的缺陷，同时在 LDS 加工仿真 CAM 系统的开发十分欠缺，需要投入更多的研究。

本文阐述了国内外 MID 激光直接成型设备及加工仿真 CAM 系统开发的现状和存在的问题，基于 Open CASCADE 三维造型核心进行 MID 激光直接成型 CAM 系统开发，主要研究内容如下：

（1）对 MID 激光直接成型加工仿真 CAM 系统进行框架结构设计，基于 Open CASCADE 和 MFC 完成 CAM 系统的界面设计，并在系统中实现了基本建模、布尔运算、CAD 模型数据交换、实体选取操作等基本功能模块。

（2）分析确定 MID 激光直接成型机构的总体设计思路，对 MID 激光直接成型设备进行模块化设计，综合现有的激光加工设备及五轴数控机床的特点，完成了 MID 激光直接成型设备的结构设计，通过振镜扫描系统与五轴工作台的配合，完成五轴激光加工，满足 MID 三维基体表面进行激光直接成型电路的工艺技术要求。最后从提高效率的角度出发，研究了多头激光直接成型机床结构。

（3）针对模块化设计思想及后续加工仿真的需求，提出了 MID 激光直接成型设备的虚拟建模方法，完成虚拟 LDS 加工设备总体结构模型及运动学模型的建立。在设备结构模型细化方面，利用 SolidWorks 完成激光直接成型设备关键部件的建模及装配，开发仿真系统与 SolidWorks 的接口，实现了 CAM 系统中模型可细化的要求。

（4）对五轴工作台以及振镜扫描系统进行运动学分析，结合运动学分析结果，说明了五轴机构与振镜扫描系统在三维电路激光直接成型过程是如何配合工作的，为后续加工仿真模块的开发奠定基础。

(5) 完成在三维基体表面电路绘制模块、激光直接成型加工仿真模块及 NC 代码输出模块的开发。在三维电路绘制模块，完成电路的交互式建立功能，利用橡皮筋技术，实现电路的动态绘制功能；在仿真模块中实现了激光加工过程三维电路加工路径的生成，研究了激光加工路径规划算法，并通过激光加工过程仿真实例，验证了电路加工路径生成及路径规划算法的正确性和合理性。在 NC 代码输出模块，结合路径规划及加工仿真的结果，自动生成 NC 加工代码，为后续的 MID 激光直接成型设备的实际加工奠定基础。

**关键词：**MID 激光直接成型 (LDS) CAM 加工仿真 Open CASCADE

## **Abstract**

3D-MID (Three Dimensional - Molded Interconnect Devices) is an innovative technology in the field of mechatronics. It abandons the conventional circuit boards and integrates the mechanical and electronic functions directly on injection molded thermoplastics. Laser direct structuring is the most advanced technology and mature in MID manufacture, but there are many limitations in applications, there are still some flaws in LDS equipment and the development of CAM system for LDS simulation is lacking, more research is needed.

In this paper, the research status and existing defects of MID laser direct structuring (LDS) equipment and CAM system have been analysed, then the CAM system of MID laser direct structuring has been developed based on Open CASCADE, and the main research contents of the paper are as follows:

(1) The CAM system framework of MID laser direct structuring is designed, and the CAM system of LDS has been developed in the paper which is based on Open CASCADE and MFC. In the system, the functions of entity selection operation, basic geometry modeling, boolean operation and data exchange have been realized.

(2) The integrated design idea is determined for MID laser direct structuring (LDS) equipment, and the modular design method is used for the overall structure design of MID LDS equipment. The overall structure design of MID LDS equipments which is combined with the advantages and disadvantages of the existing laser processing equipment and five-axis NC machine tools. Combine the galvanometric scanning system and 5-axis workbench to achieve five-axis laser processing, in order to meet the MID LDS technology requirements. Finally, consider the perspective of efficiency, long machine structure of laser direct structuring is researched.

(3) For the needs of modular design and subsequent simulation, the virtual modeling method of MID laser direct structuring (LDS) equipment is proposed, and the virtual model and kinematics model of LDS equipment is establish. In terms of refinement of LDS equipment model, in order to refine the model in CAM system, an interface with simulation system and SolidWorks is developed based on that the key compents and assembly equipment of laser direct structuring are complete by SolidWorks.

(4) The kinematics analysis of MID LDS equipment have been carried out in this paper, which including the kinematics analysis of 5-axis workbench and kinematics analysis of galvanometric scanning system. According to the results of kinematic analysis, the description of the five-axis structure and galvanometer scanning system how to work in the three-dimensional circuits LDS process is made, which lay a foundation for the development of simulation module.

(5) In this paper, the modules of drawing the circuit in three-dimensional matrix and the simulation of laser direct structuring process and NC code output are developed. In the three-dimensional circuit drawing module, complete the interactive features to establishment circuit, which uses the rubber band technique to achieve the function of dynamic mapping the circuit. In the LDS simulation module, the circuits' path generation of three-dimensional laser machining process is achieved, and the algorithm of path planning, by the simulation examples of LDS machining process, the correctness and rationality of circuit processing path generation and path planning algorithm are verified. In the NC code output module, combine with the results of path planning and processing of simulation, the NC machining code is automatically generated, which lay a foundation for the actual processing of subsequent MID Laser Direct Structuring equipment.

**Keywords:** MID; Laser Direct Structuring (LDS); CAM; Simulation; Open CASCADE

## 目 录

摘 要.....	1
Abstract.....	III
<b>第一章 绪论.....</b>	<b>1</b>
1.1 课题的背景及意义.....	1
1.2 激光直接成型的原理及工艺.....	3
1.3 课题相关内容的研究现状.....	4
1.3.1 激光直接成型设备的研究现状.....	4
1.3.2 激光成型 CAM 系统的研究现状.....	6
1.3.3 仿真分析的研究现状.....	7
1.4 课题概述.....	8
1.4.1 课题研究内容.....	8
1.4.2 课题研究思路.....	8
<b>第二章 MID 激光直接成型 CAM 系统开发的基本思想.....</b>	<b>11</b>
2.1 MID 激光直接成型 CAM 系统的开发工具及平台.....	11
2.1.1 Visual Studio 2010.....	11
2.1.2 Open CASCADE 技术概述.....	11
2.2 MID 激光直接成型 CAM 系统的功能模块.....	14
2.2.1 CAM 系统的建模、仿真功能需求分析.....	14
2.2.2 系统的基本组成.....	15
2.2.3 各功能模块的作用.....	15
2.3 建模、仿真及分析系统的搭建与描述.....	18
2.4 本章小结.....	23
<b>第三章 MID 激光直接成型机构与运动学分析.....</b>	<b>25</b>
3.1 MID 激光直接成型设备的总体设计思路.....	25

<b>3.2 MID 激光直接成型设备模块化</b> .....	<b>26</b>
3.2.1 设备模块化划分 .....	27
<b>3.3 激光直接成型设备的结构</b> .....	<b>28</b>
3.3.1 设备的结构形式 .....	28
3.3.2 设备结构设计 .....	30
3.3.3 设备的总体结构模型 .....	32
3.3.4 多激光头机床的结构建模 .....	33
<b>3.4 激光直接成型设备的运动学分析</b> .....	<b>34</b>
3.4.1 五轴机床的运动学分析 .....	35
3.4.2 振镜扫描系统的运动学分析 .....	37
<b>3.5 五轴机床与振镜扫描系统的配合运动</b> .....	<b>43</b>
<b>3.6 本章小结</b> .....	<b>44</b>
<b>第四章 MID 激光直接成型 CAM 系统建模的实现</b> .....	<b>45</b>
<b>4.1 激光直接成型设备的虚拟建模方法</b> .....	<b>45</b>
4.1.1 读取中性格式的设备模型 .....	45
4.1.2 组件树 .....	47
<b>4.2 MID 激光直接成型设备虚拟模型建立</b> .....	<b>48</b>
<b>4.3 设备模块细化的方法</b> .....	<b>52</b>
<b>4.4 电路的建立</b> .....	<b>54</b>
4.4.1 读取电路模型 .....	54
4.4.2 自主设计生成电路 .....	55
<b>4.5 本章小结</b> .....	<b>59</b>
<b>第五章 MID 激光直接成型加工仿真的实现</b> .....	<b>61</b>
<b>5.1 MID 激光加工仿真路径生成</b> .....	<b>61</b>
5.1.1 电路线路加工路径生成 .....	61
5.1.2 电路图案的加工路径生成 .....	68
<b>5.2 激光加工仿真路径规划</b> .....	<b>72</b>
<b>5.3 MID 激光加工仿真的实现</b> .....	<b>79</b>
<b>5.4 激光加工仿真 NC 代码的输出</b> .....	<b>83</b>

5.5 本章小结 .....	85
<b>第六章 总结与展望 .....</b>	<b>87</b>
6.1 主要研究结果 .....	87
6.2 展望 .....	88
<b>参 考 文 献 .....</b>	<b>89</b>
<b>致 谢 .....</b>	<b>97</b>
<b>攻读硕士学位期间发表的论文及其他成果 .....</b>	<b>99</b>
<b>附 录 1 基于 MFC 的 OCAF 应用程序框架生成 .....</b>	<b>101</b>
<b>附 录 2 程序中添加 SolidWorks 类库 .....</b>	<b>111</b>





Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库