

論文審査の結果の要旨

専攻名 システム創生工学

氏名 張 弘昊

本研究の題目は、「In-system optimization of computer-generated hologram for femtosecond laser processing with high-throughput and high-stability」であり、その日本語訳は、「高スループット・高精度なフェムト秒レーザー加工のための計算機ホログラムのインシステム最適化」である。

フェムト秒やピコ秒のパルス幅を有する超短パルスレーザーを用いたレーザー加工は、自動車部品、半導体デバイス、ガラス部品、プラスチック部品、医療機器などその適用分野は広く、材料とデバイスの高精度加工を提供する。その課題は、要求される加工精度を維持しつつ、加工コストに直接的に反映される加工スループットの向上であり、ホログラフィックレーザー加工法によってその課題を克服する。

本論文は、実際のレーザー加工機における不完全性の補償や耐環境性を向上させるための、計算機ホログラム(CGH)のインシステム最適化法における、新たな最適化アルゴリズムを提案し、その実装法の開発を示す。特に、光学系の動的変動を自動補償や、異なる深さへの集光する3次元集光の実現を、CGHの再生実験とレーザー加工への実験を示す。その構成は以下の通りである。

本論文は、全6章で構成され、第1章では、現在の産業におけるレーザー加工の重要性、フェムト秒レーザー加工の現状と求められる性能を示し、ホログラフィックフェムト秒レーザー加工の有用性を述べ、本研究の目的、意義、方向性を示す。第2章では、CGHの歴史的展望や特徴、分類、課題を述べると共に、本研究の主要課題であるCGHのインシステム最適化の分類、重要性、利点について述べる。第3章では、2次元的に配列される集光(2次元集光)を生成するCGHのインシステム最適化の原理と実装、再生実験とレーザー加工実験について述べる。第4章では、3次元的に配列される集光(3次元集光)を生成するCGHのインシステム最適化の原理と実装、再生実験とレーザー加工実験について述べる。第5章では、3次元集光を用いたガラスの溝加工について述べる。従来の単一集光による溝加工と比較しながら、提案方法の利点を示す。第6章では、研究成果の検証とこれらの研究の展望を示す。

本研究によって得られた主な成果は以下のように要約される。

1. 2次元集光用CGHのインシステム最適化法と実装法の開発。特に、加工機の変動の自動補償機能は、ホログラフィックレーザー加工法の実用に極めて有効な特徴である。
2. 3次元集光用CGHのインシステム最適化法と実装法の開発。高精度3次元集光は、ガラスや半導体の穴開けや切断に有用である。
3. 3次元集光の応用展開としてガラス溝加工の特性評価。提案する加工法をスマートフォンの窓材など産業要求の高いガラス加工に展開し、その有効性を示した。

本論文については、2022年2月11日、ZOOMを用いたオンライン会議を開催し、審査委員の出席のもと公聴会が開催された。論文内容の発表後、質疑応答が交わされ、特に問題はないことが確認された。公聴会終了後、ただちに学位審査委員会が開催され、本論文の内容について詳細に検討された。その結果、ホログラフィックレーザー加工法における、環境や装置内の変動耐性を

向上する技術を開発し，その実用性を向上したこと，さらに，厚板ガラス加工などの応用展開を期待出来る3次元集光を実証している点で，成長性の高いレーザー加工分野への大きな貢献を期待できると共に，研究内容の学術的水準と独創性においても極めて優れていると判断した。

よって，本論文は，博士（工学）の学位論文に値するものと認める。