

論文審査結果の要旨

平成 27年 1月 22日

氏名	合谷賢治
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	甲第 122 号
学位記の授与日	平成 27年 3月 18日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 創価大学大学院学則第 31 条第 2 項該当 創価大学学位規則第 3 条の 3 第 1 項該当
論文題目	フェムト秒短パルスレーザ加工を用いた 石英光ファイバへの機能埋め込み
論文審査機関	工学研究科委員会
論文審査委員	主査委員 工学博士 渡辺 一弘 委員 工学博士 関 篤志 委員 博士(工学) 崔 龍雲

<論文の内容の要旨>

本論文では、熱緩和時間(ピコ秒)以下のフェムト秒領域の短パルスレーザの非熱的加工を利用して、難加工材料の1つである石英光ファイバの導波路中に微小構造体を作製し、光ファイバへの新規性のあるセンシング機能埋め込みを実現している。このために、構造体の作製手法として、細いガラス光ファイバの内部に、1)微小空孔を生成する内部加工、2)表面から内部に至る穿孔加工の2種類の加工方法を提案し、高精度なレーザビーム集光光学系と精密位置制御ステージを組み合わせて、フェムト秒レーザは基本波である800nmと第2高調波である400nmの波長を用い、パルスエネルギー、繰り返し周波数、照射時間、集光スポット位置などの加工条件を注意深く調整し、ガラスの光ファイバ導波路を破断することなく精巧な加工に成功している。本論文は、石英系光ファイバへのフェムト秒レーザ加工の特性とセンサ特性が明らかになり、光ファイバセンサの構造に新たな可能性を提示している。本論文は全6章で構成されている。

第1章は序論で研究の背景と目的および論文構成について述べている。第2章では、フェムト秒レーザ加工の特徴とその応用事例について述べた上で、実際にフェムト秒レーザ加工を遂行するための照射条件の検討項目について明示している。第3章では、本研究で使用した光ファイバ加工用のレーザ加工装置及び計測システムについて解説している。本システムは、光ファイバ加工用に構築され、ファイバ内部の任意の空間位置に選択的に、多様な加工ができるというフェムト秒レーザの特徴を十分に発揮するために不可欠な構成を有している。第4章では、光ファイバへの内部加工の特性と内部に構造体を埋め込むことによって実現した方向検知可能な光ファイバセンサについて記述されている。電子顕微鏡観察から、フェムト秒レーザ照射による加工領域には、微小かつ低密度の空洞化領域が生成されていることが確認された。埋め込まれたセンシング特性に関する実験においては、光源波長1310nmを用いて曲げ特性を観察した結果、光ファイバに与えた曲げ方向が検知できるという機能を初めて実現し、センサとしての良好な再現性も実証された。また、光ファイバ内部の構造体の作り込みを制御することで、そのセンシング特性が調節可能であることも明らかになった。第5章では、もう一つの加工法として、穿孔加工を応用した微小サンプリング(ピコリッター)分光センサについて論述している。従来の近赤外線フェムト秒レーザを用いた穿孔加工に対して第2高調波400nmによる加工を導入し、より効率的かつ精細な加工条件を見出し、その結果これまでにない微小分光センサを実現した。また、分光性能を評価するために、分光センサ用の吸光モデルを構築し、分光セルの設計原理を提示した。第6章は上記の内容の結論である。

本論文は、これまで不可能であった、光ファイバセンサにおける曲げ方向検知を初めて実現した。さらに、貫通穿孔により光ファイバセンサ内にインラインの微小分光システムを可能にした。一連の実験的研究内容はフェムト秒レーザ加工の新たな応用を開拓しており、本論文はその新規性と有用性において十分な価値を見出す事ができる。この内容の一部は、信頼できる査読制度のある英文学術論文誌 2 篇 (The Review of Laser Engineering 及び Sensors and Actuators: B. Chemical) に掲載された。以上のように、本論文の内容は、極めて独創的で記述も充実しており博士学位論文として価値あるものと認められる。

<論文審査結果の要旨>

上記に述べたように、本論文の成果、内容は、独創的かつ実用性に富み、記述も充実しており博士(工学)の学位論文として価値あるものと認定する。