

自己結合効果を利用した変位センサの開発

[研究代表者] 津田紀生 (工学部電気学科)

[共同研究者] 五島敬史郎 (工学部電気学科)

研究成果の概要

集光レンズの焦点におけるレーザー光のエネルギー密度が高いと、レーザー加工時に集光レンズの焦点において融解した金属の蒸発がはじまり、金属面にキーホールが形成されることが知られている。一般的に、キーホールが生じるとレーザー光が内部まで届くため、深い溶接が可能となる。一般に、レーザー加工時のパラメータとしては、レーザー出力、レーザー光の波長、集光レンズの焦点距離、レーザー照射スピード、金属表面でのレーザー吸収率、アシストガスの種類や流量等があり、溶接品質に影響してくる。そこで、溶接時の溶接面の変位をリアルタイムで観測しながら、溶接すれば、溶接面の品質を維持しつつ、最適な溶接が可能であると考えられる。そこで、半導体レーザーの自己結合効果を利用した変位センサの開発を目指し研究を行った。装置を作成し、圧電素子をターゲットとして基礎実験を行った結果、誤差 $\pm 0.1 \mu\text{m}$ 程度で対象物の変位を測定できる事が分かった。

研究分野： レーザ計測

キーワード： 変位計測、自己結合効果

1. 研究開始当初の背景

レーザー溶接とは、レーザー光を金属表面に集光照射し、金属を局部的に熔融・凝固させることにより、金属を接合する方法である。レーザー溶接に使用するレーザーは、熱に変換されやすい波長で発振できる、YAG レーザや CO₂ レーザで、ミラーやファイバーを用いて、溶接部までレーザー光を導き、溶接部近くでレーザーを適切なサイズに集光して金属表面に照射する。この時、ガルバノミラーを用いて、レーザー光をスキャンすれば、定速でレーザー光をスキャン出来る為、レーザー光の出力を変化させる必要は無いが、ロボットアーム等を使ってレーザー光をスキャンする場合、定速でのスキャンが難しく、ロボットアームの速度に応じた、レーザー光の出力制御が必要となる。また、レーザー溶接時、溶接用のレーザー光を集光した焦点の外周だけに照射するようにし、中心部に変位センサ用のレーザー光を照射する事で、溶接面の変位を常時観測しながら溶接する事が出来れば、溶接面の変位量もコントロールできると考えられる。

半導体レーザーの自己結合効果を利用したセンサは、半導体レーザーの戻り光ノイズを利用する為、センサ部は半導体レーザーとレンズのみで構成でき、小型化で安価なセンサと

して、今まで多くの研究が行われてきた。しかしながら、自己結合信号の信号処理に関する分野の研究は、まだまだ進んでおらず、実用化されていない。そこで、半導体レーザーの自己結合効果を利用した変位センサを作成し、基礎的研究を行った。

2. 研究の目的

分布帰還型(Distributed Feedback: DFB)レーザーは、半導体レーザーのパッケージ内に光出力監視用のフォトダイオードを内蔵している。その為、内蔵フォトダイオードを使って、自己結合信号を得やすい。そこで、DFB レーザを用いて、自己結合効果を利用した変位センサを作成し、その特性を調べた。

3. 研究の方法

変位センサに使用した半導体レーザーは、SHARP の DFB レーザである GH0832BA1K(定格発振波長 830nm, 定格光出力 210mW)を使用した。実験では、安定して単一縦モード発振する、波長 820nm、出力 80mW で使用した。DFB レーザはその構造上、発振するレーザー光は直線偏光となる。

偏光面が変わると対象物での反射が変わるので、偏光面は戻り光量やレーザ駆動電流に寄らず、一定の方が良い。そこで、GH0832BA1Kの偏光面を調べた所、偏光面は戻り光量によらず一定であった。

自己結合効果は1/4波長の間隔で定在波が生じ、自己結合信号の波形から変位量を算出した。自己結合信号は、半導体レーザ内に設置した光出力監視用のフォトダイオードを用いて検出し、I-V変換、雑音除去、信号増幅を行った。

変位計のターゲットには、圧電素子を用い、圧電素子には方形波の立ち上がり部や立ち下り部の信号を入力し、変位させた。圧電素子の変位は、実験前に静電容量計で測定し、その値を絶対値とした。

4. 研究成果

図1に圧電素子に加える電圧波形と、変位信号波形を示す。また、図2に微小変位センサの測定結果の一部を示す。

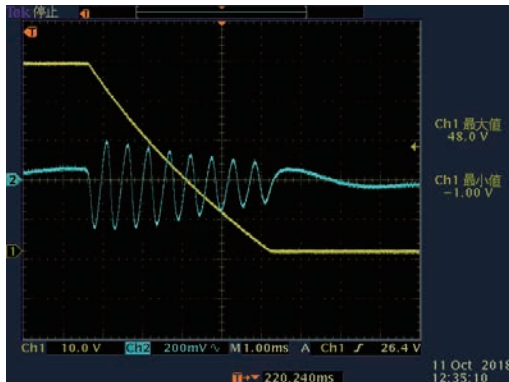


図1. 信号波形

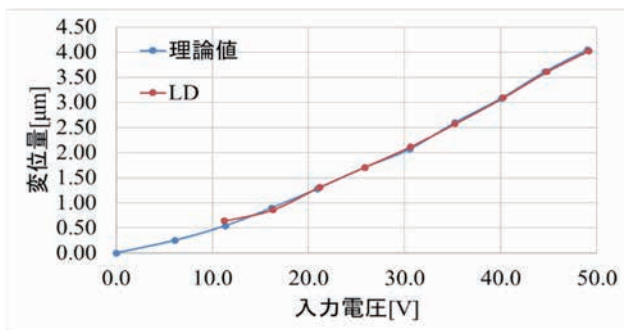


図2. 変位センサ測定結果

図1より、圧電素子に加える電圧を変化させて、ターゲットの変位が始まると、自己結合信号が生じていることが

分かる。

変位センサの、BPFの最大値を10kHz~1MHzに広げた場合にも結果は同じであった。このことから、変位のスピードがある程度速くても計測出来る事が分かった。

オシロスコープを使い、変位量をアナログ計測した結果、誤差は±0.08 μm程度となった。次に、ADCQ1706BPとraspberry pi3を用いて、変位信号をデジタル信号処理した結果、誤差は±0.1 μm程度となり、アナログ測定より少し誤差が大きくなった。これは、自己結合信号を利用した変位計では、自己結合信号の最初と終わりを確実に捉えることが難しい事から生じた結果である。また、自己結合信号波形は、常に雑音(戻り光ノイズ)を含んでおり、どこからが自己結合信号か見極めることが難しい事も、誤差が増えた原因であると考えられる。

5. 本研究に関する発表

特になし。