

自己結合信号のリアルタイム信号処理

〔研究代表者〕 津田紀生（工学部電気学科）

〔共同研究者〕 佐藤大輝（工学研究科電気・材料工学専攻）

研究成果の概要

今まで行って来た半導体レーザーの自己結合効果を利用した測定では、MHP（Mode Hop Pulse）の信号精度が悪く測定に複数の三角波が必要であった。そのため、測定には時間がかかり、リアルタイム性が低かった。そこで今回、信駆動回路の構成を改良し信号精度の改善を行い、MHP を三角波の単一パルスから複数取得し、各データの FFT (fast Fourier transform) 結果のピーク値から主周波数を求め平均化する方法に変更した。また、これまでソフトウェアで処理していた ADC（Analog to Digital Converter）による自己結合信号のデータ取得部、自己結合信号を周波数分解する FFT 等の信号処理を、FPGA（Field Programmable Gate Array）を用いてハードウェア化することで、リアルタイム性を高め、三角波の単一パルスからデータを複数取得し、信号処理の大部分をハードウェア化する事でリアルタイム測定が可能である事を示した。

研究分野：レーザー工学、計測工学

キーワード：VCSEL、自己結合信号、リアルタイム計測

1. 研究開始当初の背景

自己結合型センサは、LD（Laser Diode）照射時の戻り光と、LD の活性層内の光の干渉による光出力の変動（自己結合信号）を利用したセンサである。自己結合型センサのセンサ部は、LD とレンズのみで構成でき、安価なセンサとして期待されている。距離・速度の測定には、LD 駆動電流を線形的に変化させる事により、発振波長を線形的に変化させた際に生じる周期的な自己結合信号である MHP を利用する。MHP 周波数は、LD 駆動電流を三角波変調した時、波長変化によって生じる出射光と戻り光の周波数差に等しくなる。この周波数差は、LD を照射する対象物までの距離によって変動するため、周波数差から光の伝搬時

間を求め、光速を掛けることで距離を導出する。

測定対象物が速度を持つ場合、戻り光はドップラーシフトするため、MHP 周波数がドップラーシフト周波数分だけ変化する。ただし、三角波の立ち上がり、立ち下がりでは出射光と戻り光の周波数の大小関係が逆となることから、MHP 周波数は三角波上で左右逆向きに変化する。従って、左右の MHP 周波数の差の半分からドップラーシフト周波数を求め、この値と LD 発振波長、光速から速度を導出する。

過去の研究では、MHP の信号精度が悪く、複数の三角波を用いる必要があり、リアルタイムに計測する事が難しかった。

2. 研究の目的・方法

そこで、今回の研究では、自己結合信号の信号処理方法を改良した。具体的には、三角波の単一パルスから MHP を複数取得し、各データの FFT 結果のピーク値から MHP の主周波数を複数求め、平均して求めた。また、これまでソフトウェアを使って処理していた ADC による自己結合信号のデータ取得部、自己結合信号を周波数分解する FFT 等の信号処理を、FPGA を用いてハードウェア化することで、リアルタイム性を高めた。実験装置の配置を図 1 に示す。

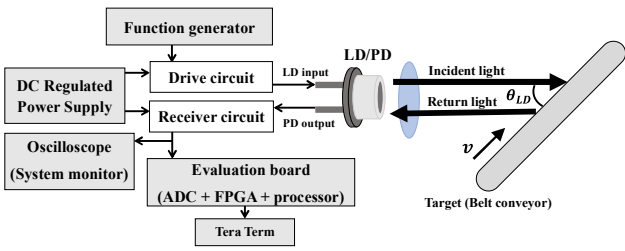


図 1 実験装置の配置図

3. 実験結果

図 2 にリアルタイム処理による距離測定結果、図 3 にリアルタイム処理による速度測定結果を示す。図より、距離の平均誤差は 0.8%、速度の平均誤差は 3.97% となり、今まで自己結合信号を利用して計測して来た結果と同程度の誤差範囲であった。よって、1 パルス内からデータを複数取得し、測定値の正確度を向上させ、かつ信号処理の大部分をハードウェア化することで、自己結合方式による距離・速度のリアルタイム測定が可能な事が分かった。

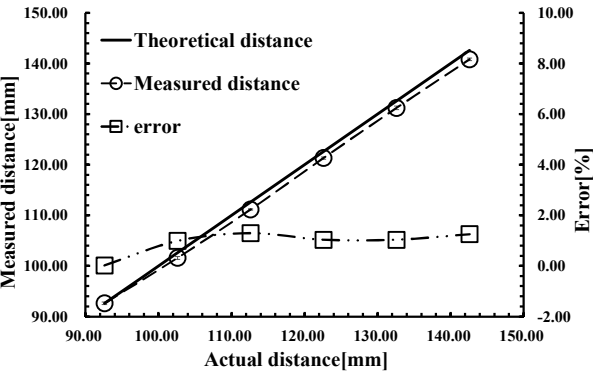


図 2 リアルタイム処理による距離測定結果

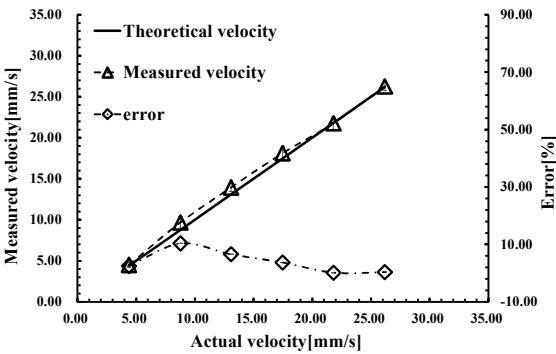


図 3 リアルタイム処理による速度測定結果

4. 本研究に関する発表

- (1) 2 ビーム照射を用いた自己結合型センサの周波数反転環境下における距離・速度同時測定、佐藤大輝、山岸夕莉、水嶋大輔、津田紀生、令和 6 年 1 月 19 日、レーザー学会 第 44 回年次大会、E08-19a-III-04、日本科学未来館
- (2) LD の端子電圧変動を利用した自己結合型距離・速度計に関する研究、山岸夕莉、佐藤大輝、水嶋大輔、津田紀生、令和 6 年 1 月 19 日、レーザー学会 第 44 回年次大会、P01-19p-P-25、日本科学未来館