

端子電圧型自己結合距離センサのアレイ化に向けての基礎研究

[研究代表者] 津田紀生 (工学部電気学科)

[共同研究者] 水嶋大輔 (工学部電気学科)

岩田侑典 (工学研究科電気電子工学専攻)

研究成果の概要

Vertical Cavity Surface Emitting Laser (VCSEL) レーザーは、Laser Diode (LD) に流れ込む電流を線形的に変化すると、レーザーの発振波長も線形的に変化する。LD の自己結合効果とは、対象物表面で反射したレーザー光の一部が、再び活性層の中に入ると、LD 内部の内部共振器だけでなく、LD 外部にも外部共振器が構成され、その結果光出力が僅かに増減する現象である。LD の自己結合効果によって得られる自己結合信号には距離に関する信号も含まれている。近年、工場の Digital Transformation (DX) 化に伴い、工場内で安価で簡単な形状計測が行えるセンサが求められている。このような要求に対し、VCSEL をアレイ化し、形状計測センサに関する基礎研究を行った。一般的に VCSEL には、Photo Diode (PD) を LD のパッケージ内に内蔵したタイプと内蔵しないタイプがある。VCSEL をアレイ化する場合、PD を内蔵することが難しくなる為、VCSEL の端子電圧から自己結合信号を取得しなければならない。

そこで今回、端子電圧型自己結合レーザー距離センサの応用として VCSEL を 2 つ使いアレイ化し、それぞれの端子電圧から得られる自己結合信号を使って、距離測定の研究を行った。その結果、誤差が大きくなり、VCSEL をスイッチングしてパルス発振させる事が必要なが分かった。

研究分野：計測工学

キーワード：VCSEL、自己結合効果、アレイ計測

1. 研究開始当初の背景

端子電圧型の自己結合レーザー距離センサの研究は、これまで数多く行われており、近年急速に精度が向上した。これは、VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser) の自己結合効果を利用したセンサの場合、VCSEL の駆動電流の変調に三角波を用いるのだが、VCSEL 自体が持つ電流-発振波長の線形性の影響から、電流を線形的に変化させても誤差を無くす事が難しかった。そこで、個々の VCSEL の特性に合わせた三角波変調電流を作成し、実験を行うことで、誤差を大幅に減らすことに成功した。しかしながら、VCSEL を複数個使用するとなると、個々の VCSEL の特性に合わせた駆動電流を作るのは難しい。そこで、従来の研究で利用してきた、電流吐き出し型の LD

駆動回路から、電流吸い込み型の LD 駆動回路に変更することで、正確な三角波電流を VCSEL に流せるようになった。その結果、VCSEL 個々の特性に合わせこまなくても、ある程度測定誤差を減らせることが分かったので、この三角波電流をスイッチングすることで個々の VCSEL を制御し、アレイ状に配置した VCSEL を使って、形状計測が出来ないか基礎実験を行った。

2. 研究の目的

今回の研究目的は、VCSEL をアレイ状に配置し、対象物に照射し、その端子電圧から得られた自己結合信号から形状計測を行うことである。そこで、まず VCSEL を 2 個アレイ化した場合と、それぞれ個々のセンサで距離測定を

行なった場合と、どのような違いがあるのか調べた。

3. 研究の方法

基本的に VCSEL は静電気に非常に弱く、パッケージされておらずチップ化されたものは、取り扱いにくい。そこで、Can パッケージの VCSEL を使用して距離センサを作成した。この時 VCSEL は、同一製造ロットのものの中から、総研に設置したスペクトルアナライザで測定し、特性が近いものを使用した。

実験装置の概略図を、図 1 に示す。

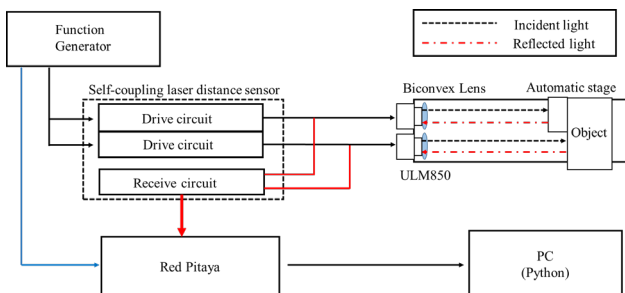


図 1. アレイ化したセンサから得られる自己結合信号による距離測定装置

図 1 より、従来の研究では、VCSEL を三角波で変調し、連続的に変調させ、得られた自己結合信号を平均化することで測定精度を向上させていた。そこで、今回の研究では、VCSEL を 2 個同時に連続発振させ計測を行った。この時、同じ三角波を使って VCSEL を 2 個同時に変調すると、発振波長が近くなるので、Function Generator から、三角波の位相を変えて VCSEL を変調した。

4. 研究結果

VCSEL をアレイ化して距離測定した結果を図 2 に示す。図より、アレイ化測定した結果は、レーザーが 1 つの時の測定に比べ、理論値と、1mm 以上離れた結果となった。これは、互いの LD の波長が干渉することで、自己結合信号の周波数に誤差が生じたものと考えられる。このことから、実際にアレイ化で距離測定を行う時は、VCSEL をスイッチングして単一パルスで測定し、お互いの戻り光が干渉しないようにする必要がある事が分かった。

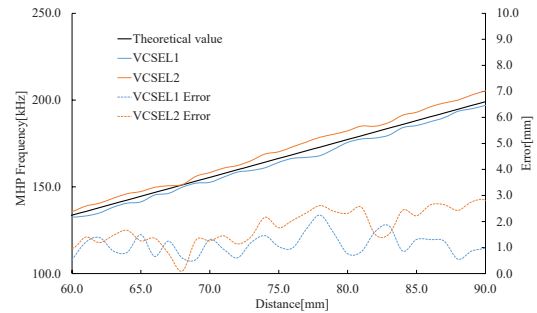


図 2 アレイ化した状態での距離測定

5. 主な発表論文等

論文 1 件

(1) 端子電圧型自己結合レーザー距離センサの単一パルス測定に関する研究, レーザー研究, Vol. 50, No. 10, pp.585-589 (2022)

学会発表 2 件

(1) Study on Self-coupled Laser Terminal Voltage Sensors Using Current Sink Current Modulation Method, Yusuke Iwata, Daiki Sato, Yuto Higuchi, Norio Tsuda, Jun Yamada, OPTICS & PHOTONICS International Congress 2022 (The 11th Advanced Lasers and Photon Sources), 2022 年 4 月 20 日, Pacifico Yokohama

(2) A Study on Pulse Measurement of Self-Coupled Laser Terminal Voltage Type Sensor Using Suction Modulation Method, Yusuke Iwata, Daiki Sato, Yuto Higuchi, Norio Tsuda, Jun Yamada, CLEO-PR 2022 (15th Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics), ISOM'22 (International Symposium on Imaging, Sensing, and Optical Memory 2022), ODF'22 (The 13th International Conference on Optics-photonics Design and Fabrication), 2022 年 8 月 2 日, Sapporo Convention Center