



|              |                                                                                                                                                 |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Title        | Studies on three dimensional optical measurement system based on all-fiber interferometer                                                       |
| Author(s)    | 太田, 健史                                                                                                                                          |
| Citation     | 大阪大学, 2010, 博士論文                                                                                                                                |
| Version Type |                                                                                                                                                 |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/57485">https://hdl.handle.net/11094/57485</a>                                                             |
| rights       |                                                                                                                                                 |
| Note         | 著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。 |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

|                     |                                                                                                                                                 |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 氏 名                 | おお  た  たけ  ふみ  太  田  健  史                                                                                                                       |
| 博士の専攻分野の名称          | 博  士  (工  学)                                                                                                                                    |
| 学  位  記  番  号       | 第   2   3   7   6   7   号                                                                                                                       |
| 学  位  授  与  年  月  日 | 平  成  22  年  3  月  23  日                                                                                                                        |
| 学  位  授  与  の  要  件 | 学位規則第4条第1項該当<br>工学研究科生命先端工学専攻                                                                                                                   |
| 学  位  論  文  名       | Studies on three dimensional optical measurement system based on<br>all-fiber interferometer<br>(全ファイバ型干渉計を用いた三次元光計測システムに関する研究)                 |
| 論  文  審  査  委  員    | (主査)<br>准教授 西澤 典彦<br><br>(副査)<br>教  授 金谷 茂則  教  授 福住 俊一  教  授 宮田 幹二<br>教  授 菊地 和也  教  授 伊東  忍  教  授 高井 義造<br>教  授 伊東 一良  教  授 渡部 平司  教  授 兼松 泰男 |

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文では、遠距離から計測可能な、実用的な三次元光計測システムを実現するために、全ファイバ型のシステムを構築した。様々な光源を用いて高機能なシステムの開発に取り組み、参照光路長を機械的にスキャンングするシステムを、小型で低雑音な広帯域半導体光源や、全ファイバ型の超広帯域スーパーコンティニウム光源を用いて構築した。これにより、分光情報が得られる、高感度で高分解能なシステムを実現した。また、高速に波長可変な超短パルス光源と光ファイバの分散を利用することで、機械的なディレイラインを必要としない、超高速で広スキャンレンジなスキャンングを行える新しいシステムを構築した。以下に本論文を構成する各章について要約を示す。

### 第1章 序論

本章では、光による計測技術の発展及びレーザー技術の発展について述べた。三次元形状計測技術の応用が期待されている分野を挙げ、求められている特性を挙げた。そして、これまで実現されている三次元形状計測技術について説明した。また、半導体レーザーと超短パルスレーザーの歴史的発展を述べた。そして、本研究で用いられた波長可変超短パルスファイバレーザーとスーパーコンティニウム(SC)光について述べた。最後に、本研究の目的、及び構成を示した。その際、全ファイバ型干渉計を採用した利点を述べた。

### 第2章 干渉：理論

本章では、干渉計の理論について述べた。

### 第3章 超短パルス光の光ファイバ伝搬

本章では、光ファイバの基礎特性とパルス光が光ファイバを伝搬するときを生じる様々な現象について述べた。

### 第4章 機械式スキャナを用いた高感度三次元光形状計測

本章では、光源に低雑音、小型、安定、安価な広帯域半導体光源(SLD)を用い、機械式のディレイラインによる遠距離、高感度、高分解能な三次元光計測システムを開発した。そして、測定距離0.5mから、感度108dB、分解能2.4μmを実現した。また、照射する光の測定対象上でのビームスポットサイズによって、照射光軸に対して測定可能な傾斜角の変化を示した。これにより、ビームスポットサイズが小さくなればなるほど、測定可能な角

度が急峻になることが示された。

### 第5章 スーパーコンティニウム光源と機械式スキャナを用いた分光三次元光形状計測

本章では、第4章で示した高感度、高分解能な機械式三次元光計測システムの機能を拡張し、干渉信号をフーリエ変換することでスペクトル情報を得られるシステムを開発した。光源には、本研究室で開発された高機能なSC光を使用した。本研究により、測定対象表面に照射するビームスポットサイズ以下のアラサを識別できることが示された。また、三次元形状と微細な傷の情報が、同時に得られるシステムを実現した。

### 第6章 電子制御型高速三次元光形状計測

本章では、高速に波長可変な超短パルス光源を用い、光ファイバの波長分散を利用することで、機械的な変位のない、新しい干渉計に基づく高速な三次元光計測システムを開発した。さらに、超短パルス光が光ファイバ伝搬中に受ける非線形効果を利用した。それにより、パルス光がその時間幅を変化させないソリトン伝搬を実現し、分解能300μm、計測速度1000points/sec~を保って、23mm~の広スキャンレンジ化を実現した。長尺なファイバを用いることで、分解能、計測速度を保ったまま、スキャンレンジを3mまで広げることが可能であることを述べた。

### 第7章 まとめ

本章では、本論文を総括し、本研究のまとめと今後の展望について述べた。

## 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、高感度、且つ高精度で実用的な三次元光計測システムを実現するために、全ファイバ型の干渉計に基づいてシステムを構築し、様々な光源を用いて高機能なシステムの開発に取り組み、その研究成果をまとめたものである。高機能な三次元光計測システムは、加工業・製造業を中心に、多くの分野で開発が強く求められている技術である。また、本論文では、光ファイバの非線形性や分散を積極的に利用し、広帯域光源を構築し、また計測へ応用している。本論文は、序章と結論を含め7章からなっている。

1章においては序論として、光計測技術、およびレーザー技術の進展と、三次元光計測技術の重要性や既存技術について述べ、本研究の目的、および構成について詳述している。

2章では、本研究における光計測技術のベースとなる干渉計の理論について、詳述している。

3章では、本研究で活用している光ファイバの基礎特性、および超短パルス光の光ファイバ伝搬特性を述べている。

4章では、光源に広帯域半導体光源を用い、機械式のディレイラインによる遠距離、高感度、高分解能な三次元光計測システムを開発した。感度102dB、距離分解能1.4μmの特性が得られ、微細構造のあるサンプルや、光沢面なども計測できることを実験的に示した。さらに、スポットサイズに対する測定可能傾斜角の特性を明らかにした。

5章では、4章で示した三次元光計測システムの機能を拡張し、干渉信号をフーリエ変換することでスペクトル情報を得ることのできるシステムを開発した。光源には、研究室で開発したスーパーコンティニウム光源を用いた。本研究によりサンプルの分光情報や、測定対象表面におけるビームスポットサイズ以下のアラサや微少な傷の情報が同時に得られるシステムを実現した。

6章では、高速に波長可変な超短パルス光源を用い、光ファイバの波長分散を利用することで、機械的な変位のない、新しい干渉計に基づく、電子制御型の高速な三次元光計測システムを開発した。さらに、超短パルス光が光ファイバを伝搬中に受ける非線形効果に着目し、パルス光が時間幅を変化させずに伝搬するソリトンパルスを生成することで、分解能と計測速度を保ったまま広スキャンレンジ化を実現した。

7章では、結言として本論文で得られた成果、および知見をまとめ、今後の展望について述べた。

以上のように、本論文は、現在産業界で強く求められている、高感度・高精度で実用的な三次元光計測システムを、光ファイバ型の干渉計や広帯域光源を用いて開発し、さらに非線形ファイバ光学現象を用いてその高機能化を実現したものであり、学術上、又工業上寄与するところが大きい。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。