

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	干渉光の強度信号の時間変化を用いた位相信号検出方式の耐環境性向上に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	山崎和良
Author(English)	Kazuyoshi Yamazaki
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11438号, 授与年月日:2020年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:山口 雅浩,中村 健太郎,金子 寛彦,小尾 高史,渡辺 義浩
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11438号, Conferred date:2020/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	情報通信系 情報通信系	系 コース
学生氏名： Student's Name	山崎 和良	

申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 (工学) Doctor of
指導教員 (主)： Academic Supervisor(main)	山口 雅浩
指導教員 (副)： Academic Supervisor(sub)	

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は、「干渉光の強度信号の時間変化を用いた位相信号検出方式の耐環境性向上に関する研究」と題し、8章から構成されている。

第1章「序論」では、本論文の背景および目的を述べる。光計測は、非接触、無侵襲、非破壊、高感度、高速などの観点から様々な用途に応用されている。従来、光計測では最も簡便に測定できる強度情報が、広く利用されてきた。これに対し、近年、位相情報が注目されており、工業分野、情報分野、バイオ分野、医療分野などへの適用が期待されている。高精度の位相情報を検出するには干渉測定法が利用されているが、その一方で干渉計測法の耐環境性の低さが実用化を阻害している。本論文の目的は、耐環境性の高い干渉計測法の基礎技術を確立することである。

第2章「干渉計測法とホモサイン位相検出法」では、従来の干渉計測法について概説し、製造ライン検査およびホログラフィックメモリ適用に向けた議論を行う。その結果、ホモサイン位相検出法が最も有用性が高いと判断した。一方で、ホモサイン位相検出法はカメラ間の検出信号の差動演算を用いて、物体光と参照光の位相差を検出するため、カメラ間の検出信号の強度ずれ、物体光、参照光の波面ずれの影響を受ける課題がある。

第3章「提案方式の概念」では、ホモサイン位相検出法の課題を解決するため、同じカメラで検出した時間の異なる2つの検出信号の差動演算を用いて、物体光の位相の時間変化を検出する新しい位相検出法の概念を述べる。

第4章「製造ライン向け時間微分位相検出法の検討」では、製造ライン検査の干渉計測法として、第3章の概念に基づいた時間微分位相検出法を提案する。提案法は、測定対象物の位相の時間変化を検出する。そして、ホモサイン位相検出法と同様に4つのカメラを用いることでリアルタイムの検出を実現する。提案法は同じカメラで検出した時間の異なる2つの検出信号の差動演算を用いるので、強度ずれの影響を大幅に低減できる。また、提案法は製造ラインで移動する測定対象物の位相の時間変化のみを検出するため、物体光、参照光の波面ずれに影響しない特徴がある。本章では、これらについて理論的な説明だけでなく、シミュレーション、実験により、その有効性を示す。

第5章「ホログラフィックメモリのページ間差動位相検出法の検討」では、位相変調型のホログラフィックメモリの位相検出法として、第3章の概念に基づき、ページ間の位相差を検出するページ間差動位相検出法を提案する。本章では、ページの位相差を信号とする新たな符号化方式を提案する。そして、ホログラフィックメモリ特有のページ間の再生光の強度ずれの影響に対し、記録する位相を最適化することで、その影響を低減できることを実験で確認した。さらに、実験およびシミュレーションの結果をもとに位相多値記録の見積りを行い、強度ずれ、波面ずれ、光

学部品のばらつきの条件で、位相 4 値記録を実現できる目途を得た。

第 6 章「ホログラフィックメモリのページ間差動強度増幅法の検討」では、強度変調型のホログラフィックメモリ向けに、第 3 章の概念を拡張した、ページ間の再生光の強度の差を増幅検出するページ間差動強度増幅検出法を提案する。提案法も、同じカメラで検出した時間の異なる 2 つの検出信号の差動演算を用いるため、強度ずれの影響を受けにくい。そして、増幅信号生成の演算で、位相項を消去するため、波面ずれに影響しない。本章では、提案法の増幅の効果および強度ずれ、波面ずれに対する耐性を実験で確認した。そして、増幅率の実験をもとに、従来に対して大容量化、記録再生の高速化を実現できることを明らかにした。

第 7 章「ホログラフィックメモリ高速再生技術」では、第 5 章、第 6 章の 2 つの検出法の耐環境性をさらに向上するため、高精度かつ高速な光ビームの角度制御技術を提案する。第 5 章、第 6 章の 2 つの検出法では、ページ間で参照光の位相は一致していることが求められる。それを実現するには、ページ間を高速に移動することが望まれる。提案技術は、新たに考案した角度制御信号と外部センサの情報をもとにプローブ光の角度を高速に制御する技術である。本章では、高精度かつ高速化が可能な角度制御信号が得られることを実験で確認した。また、外乱を考慮した場合でも高精度な角度制御信号が得られることをシミュレーションで確認し、高精度かつ高速なプローブ光の角度制御の実現性を明確にした。

第 8 章「結論」では、本論文で得られた成果と課題について総括する。

以上の検討より、提案した干渉計測法を適用することで従来の干渉計測法に対して耐環境性を向上できる見込みを得るとともに、実用化の可能性を確認した。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ (T2R2) にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース：	情報通信系	系
Department of, Graduate major in	情報通信系	コース
学生氏名：	山崎 和良	
Student's Name		

申請学位 (専攻分野)：	博士	(工学)
Academic Degree Requested	Doctor of	
指導教員 (主)：	山口 雅浩	
Academic Supervisor(main)		
指導教員 (副)：		
Academic Supervisor(sub)		

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

The title of this paper is “Study on improvement of environmental resistance of phase signal detection method using time variation of interference intensity signal”, and it is composed of 8 chapters.

Chapter 1 describes the background and purpose of this paper.

In Chapter 2, conventional interference measurement methods are outlined and production line inspection and holographic memory application are discussed. As a result, it is determined that homodyne phase detection method is the most useful. In case of homodyne phase detection, the differential signals are operated by the signals of two cameras. Therefore, a phase error occurs when the relative intensity deviation occurs.

In Chapter 3, a new phase detection method to solve the problem of homodyne phase detection method is proposed.

In Chapter 4, time differential phase detection method based on the concept of Chapter 3 as an interference measurement method for manufacturing line inspection is proposed. the proposed method utilizes differential signals detected by a single camera and thus has an advantage in terms of detection error due to signal intensity deviation among multiple cameras. In the proposed method, robustness to signal intensity deviation was confirmed by simulation and experiment.

In Chapter 5, page differential phase detection method based on the concept of Chapter 3 is proposed for holographic memory. The phase signal is defined as differential phase between two pages. Here, it was clarified that the 4-value recording is possible.

In Chapter 6, the algorithm is applied to intensity amplification for intensity based angular-multiplexing holographic memory. The intensity amplification and robustness were confirmed by experiments.

In Chapter 7, high-precision and high-speed angle control technique to improve the environmental resistance of the two methods in chapters 5 and 6 is proposed. It was verified by experiment and simulation.

Chapter 8 concludes the results and issues obtained in this paper.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).