

安定化格子干渉方式を用いた  
高精度 3 次元エンコーダの開発

2021 年度

田宮 英明

# 主 論 文 要 旨

No.1

報告番号	甲	第	号	氏 名	田宮 英明
主 論 文 題 名： 安定化格子干渉方式を用いた高精度3次元エンコーダの開発					
<p>半導体露光装置の開発において、集積回路の細線化のために、ウェハの更なる高い位置決め精度が要求されている。その要求に対して、ウェハの位置決め精度に関わるステージのXY軸上およびZ軸上の変位検出精度および再現性は、両立させて向上させなければならない。しかし、従来の方式では、Z軸上の変位検出において、要求性能を達成できないことが問題となっている。本論文では、XYZ軸上の高精度なステージ制御を実現させるための計測手段として、回折格子を用いた干渉の原理に基づく2つのタイプの高精度3次元エンコーダを提案・開発し、それらの基本性能を確認するとともに、それぞれの優位性と課題を明らかにした。</p> <p>第1章では、本研究の背景と従来技術について概説した。半導体露光装置の分野において、光波干渉計に替わって格子干渉計のエンコーダが必要とされた理由と、ステージのXYZ軸上の変位検出において、Z軸上の高精度な変位検出を可能にする格子干渉計が存在しないという課題を示した。</p> <p>第2章では、XY軸上の変位を検出する格子干渉計の既存技術の評価を行った。XY軸上の変位検出における分解能、安定性、リニアリティを確認し、光波干渉計に対して格子干渉計が安定性の点で優れていることを示した。</p> <p>第3章では、Z軸上の変位を検出する格子干渉計を提案・開発し、性能を評価した。Z軸上の変位検出における分解能、安定性、リニアリティを確認し、提案した格子干渉計の高い分解能と優れた安定性を明らかにした。</p> <p>第4章では、XZ軸上の変位を検出する格子干渉計を提案・開発し、性能を評価した。提案手法は、XY面に配置された格子スケールのZ軸上の変位に対し、スケール上の検出ポイントおよび光路長が変化しないというメリットをもつ光学系を実現した。開発システムにより、XZ軸上の変位検出における分解能、安定性、リニアリティについて評価し、リニアリティに関して課題があることを明らかにした。</p> <p>第5章では、XY軸上の変位検出格子干渉計とZ軸上の変位検出格子干渉計を組み合わせた3次元エンコーダと、XZ軸上の変位検出格子干渉計をYZ軸にも同時に適用させた3次元エンコーダの性能を比較し、3次元エンコーダとしての実現性について検討した。XY軸上とZ軸上の変位検出格子干渉計を組み合わせた3次元エンコーダは、目標とした性能をすべて満足しており、光学系の原理的な課題を解決できていることを明らかにし、小型化によって実用化できるという結論を導いている。一方、XZ軸上とYZ軸上の変位検出格子干渉計を組み合わせた3次元エンコーダは、リニアリティに課題があるが、XY面に配置されたスケール上に入射するビームの間隔を最小化することにより、実用化が可能であることを示している。</p> <p>第6章では、結論として、各章の内容をまとめ、研究の成果を要約している。</p>					

Thesis Abstract

No. \_\_\_\_\_

Registration Number	<input checked="" type="checkbox"/> "KOU" <input type="checkbox"/> "OTSU" No. _____ *Office use only	Name	TAMIYA, Hideaki
Thesis Title			
<p>Development of High-precision Three-dimensional Encoder Based on Stabilized Grating Interference Method</p>			
<p>In the development of semiconductor manufacturing equipment, thinning of integrated circuits is required to improve the performance of semiconductor exposure equipment. For the requirement, the accuracy and reproducibility of the displacement detection of the wafer surface to the XY axes as well as the displacement detection to the Z axis must be constantly improved. Nevertheless, the required performance for the displacement detection to the Z axis cannot be achieved by the methods proposed in the past. In this paper, two types of high-precision, three-dimensional encoders based on the principle of interference using a diffraction grating are proposed as measurement means to realize the high-precision stage control to the XYZ axes and their basic performance of the proposed encoders is confirmed. In addition, the advantages and issues of each encoder are clarified by the feasibility analysis on these two types of encoders.</p> <p>In Chapter 1, the background of this research and the conventional technology on displacement detection are outlined. The reason to require a grating interferometer instead of a light wave interferometer for semiconductor exposure equipment is described. In addition, it is also indicated that no grating interferometer encoder exists for accurate detection of displacement to the Z axis in displacement measurement to the XYZ axes.</p> <p>In Chapter 2, the existing grating interferometer is evaluated for displacement detection to the XY axes. Superiority of the grating interferometer on the resolution, stability, and linearity of displacement detection to the XY axes are verified.</p> <p>In Chapter 3, a newly proposed grating interferometer for displacement detection to the Z axis is prototyped and its performance is evaluated. The resolution, stability, and linearity on displacement detection to the Z axis are confirmed. The performance of the proposed grating interferometer in high resolution and excellent stability is presented.</p> <p>In Chapter 4, the newly proposed grating interferometer for displacement detection to the XZ axes is prototyped and its performance is evaluated. The realized advantages of the proposed grating interferometer are that the detecting point on the scale and the optical path length do not change with respect to the movement of the scale to the Z axis.</p> <p>In Chapter 5, the performance of the three-dimensional encoder configured by combining the grating interferometers to the XY axes and the Z axis, and the three-dimensional encoder configured by combining the grating interferometers to the XZ axes and the YZ axes are compared and considered. It is confirmed that the three-dimensional encoder combining the grating interferometers to the XY axes and the Z axis achieves the targeted performance in all respects and that the three-dimensional encoder combining the grating interferometers to the XZ axes and the YZ axes has low linearity. However, it is indicated that the low linearity problem can be solved by minimizing the distance between the incident beams on the scale placed. As a result, it is understood that the two types of the three-dimensional encoders can be put into practical use.</p> <p>In Chapter 6, the contents described in each chapter were summarized as a conclusion.</p>			