

Title	埋め込み型X線ターゲットを用いたTalbot-Lau干渉計によるX線位相イメージングに関する研究
Author(s)	森本, 直樹
Citation	大阪大学, 2016, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.18910/56006">https://doi.org/10.18910/56006</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

## 論文内容の要旨

氏名 ( 森本 直樹 )

## 論文題名

埋め込み型X線ターゲットを用いたTalbot-Lau干渉計によるX線位相イメージングに関する研究

## 論文内容の要旨

X線位相イメージングはX線の吸収が少ない軽元素物質を高感度に撮影できる技術として、医療や産業などの様々な分野でその応用が期待されているが、用いるX線に高い空間コヒーレンス性が要求されることから、放射光などの特殊な施設下での撮影に限定されてきた。近年、報告されたTalbot-Lau干渉計は、回折格子を3枚（光源格子、位相格子、吸収格子）使用することで、実験室系のX線源による位相イメージングに成功し注目を集めている。しかし光源格子や吸収格子は高アスペクト比かつ大面積の構造が要求されるため作製が困難である上に、Talbot-Lau干渉計の実用化における種々の課題（撮影時間、被曝線量、撮影視野等）の要因となっている。

本研究では埋め込みX線ターゲットという独自の技術を用いて、光源格子や吸収格子を使用しないTalbot-Lau干渉計の実証を目的とする。本論文の構成としては、第1章で研究の背景を述べた後、第2章ではTalbot-Lau干渉計の原理について説明した。第3章では本論文で使用した波動場シミュレーション法について述べ、第4章では埋め込みX線ターゲットおよび位相格子の作製方法について説明した。第5章では埋め込みX線ターゲットを用いたTalbot-Lau干渉計を検証した結果について示した。埋め込みX線ターゲットの金属部分をマルチライン状に配列することで、従来の構成から光源格子を排除してイメージングが可能である。また埋め込む金属ラインの幅を小さくできるため小型化が可能であり、全長を従来の半分（90 cm）に短縮して撮影することができた。また小型化することで電力効率が大幅に改善し、露出時間1秒の撮影が可能になった。第6章では微細マルチラインターゲットを用いた自己像直接検出型Talbot-Lau干渉計を検証した結果を記した。この光学系では高倍率で拡大投影された自己像を検出器で直接解像して位相イメージングを行う。これにより光源格子と吸収格子の両方を使用せずに撮影が可能になる。従来の光学系では吸収格子の面積で撮影視野が制限されていたが、これを排除することで従来の6倍（60 cm×60 cm）の撮影視野が確保できることがわかった。第7章ではマルチドット状のターゲットや位相格子を用いた2次元自己像直接検出型光学系を検討し、その結果を述べた。ライン状の格子を使用する1次元の光学系に比べ、2次元は得られる情報が多く、実用的な光学系である。これにより屈折や散乱に異方性を有する試料の観察にも成功した。第8章では2次元光学系に使用する位相格子の形状について議論した。様々な形状の位相格子を用いて自己像直接検出型の光学系を構築し、全長や電力効率を比較することで実用化を考えた場合の最適な位相格子の形状を検討した。第9章では本論文の総括を記した。

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( 森 本 直 樹 )		
	(職)	氏 名
論文審査担当者	主 査	教授 渡部 平司
	副 査	教授 高井 義造
	副 査	教授 兼松 泰男
	副 査	教授 大政 健史
	副 査	教授 菊地 和也
	副 査	教授 伊東 忍
	副 査	准教授 志村 考功

## 論文審査の結果の要旨

本博士論文は、埋め込み X 線ターゲットという独自の X 線光源技術を用いた新規の透過型 X 線撮像光学系について研究したものである。X 線位相イメージング光学系として代表的な Talbot-Lau 干渉計は、光源格子、位相格子、吸収格子と呼ばれる 3 枚の回折格子を用いているが、高アスペクト比の微細構造を必要とする光源格子と吸収格子は、撮影時間、被曝線量、撮影視野等に関する技術的課題の要因となっている。本論文は、これらの格子を用いない光学系を設計し、光学素子の作製や、X 線撮像実験により実証した研究である。本論文は、序論（第 1 章）と総括（第 9 章）を含め、9 章から構成されており、以下に本論文の内容を要約する。

第 1 章では研究の背景、Talbot-Lau 干渉計の概要と実用化への課題、埋め込み X 線ターゲットについて述べた後、本研究の目的について記述している。第 2 章では Talbot-Lau 干渉計の原理を詳述し、格子周期や格子間距離などの光学パラメータに必要な条件を示している。また、吸収像、位相微分像、暗視野像の画像解析法について説明している。第 3 章では本論文で光学系の設計や検証に使用した波動場シミュレーション法について述べている。平面波や球面波に対するシミュレーションや空間・時間コヒーレンスを考慮したシミュレーションについて説明している。第 4 章では本研究で用いた埋め込み X 線ターゲットおよび位相格子の作製方法について説明している。微細パターン形成、溝加工プロセス、金属埋め込み法等について示している。第 5 章では Talbot-Lau 干渉計の光源格子を埋め込み X 線ターゲットに置き換えることによって、光学系を小型化し、電力効率を大幅に改善できることを示している。また、露出時間 1 秒の短時間撮影の実証結果も示している。第 6 章では吸収格子を用いない自己像直接検出型 Talbot-Lau 干渉計を検証した結果を示している。微細な埋め込みターゲットを用いることで、光源格子と吸収格子を用いない光学系での X 線位相イメージングを実証している。また、60cm×60cm の広い撮影視野が確保できることを確認している。第 7 章ではマルチドット状の埋め込みターゲットを用いることにより 2 次元の自己像直接検出型光学系を検討した結果を示している。1 枚の取得画像から吸収像、2 方向の位相微分像、2 方向の暗視野像の 5 種類の画像を得られることを実証している。第 8 章では 5 種類の位相格子を 2 次元自己像直接検出型光学系について適用した場合の有用性をシミュレーションと実験により検証した結果を示している。第 9 章では本論文の総括をしている。

以上のように、本論文は Talbot-Lau 干渉計において実用化に対する技術的課題の要因となっている光源格子と吸収格子を用いない光学系を、埋め込み X 線ターゲットという独自の X 線光源技術を用いて実証した先駆的な研究であり、これらの結果が Talbot-Lau 干渉計の実用化と X 線イメージング技術の更なる発展に繋がることが期待される。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。