

学 位 論 文 題 名

Study on effects of small inclination
in Talbot interferometry

(タルボ干渉における小傾角の影響に関する研究)

学位論文内容の要旨

タルボ干渉法は2枚の回折格子とタルボ効果を用いる簡単なもので、すでに光学検査分野で広く応用されている技術である。しかしながら全ての応用は、その2枚の回折格子が相互に完全に平行に設定されているという、理想的な関係を前提としている。もし両者間に微小な傾きがあれば、タルボ干渉により形成されるモアレ縞は、傾きのない理想的な場合に比して変化し、その変化は計測される情報の歪みとなって現れる。従って、両回折格子面間の傾角はタルボ干渉法を用いる全ての応用計測法において、重要な役割を果たすと考えられる。この影響については、従来大傾角の条件下で論じた少数の論文が発表されているに過ぎない。しかしながら、タルボ干渉における微小傾角の条件下における非平行回折格子面の問題は更に議論する必要がある。すなわち、両回折格子面間の傾角が測定精度に及ぼす影響について考慮されなければならない。というのも、そのような傾角は完全に取り除くことは依然極めて困難であり、タルボ干渉を応用する際に必ず存在するためである。したがってタルボ干渉の理論と応用の両面において、両回折格子面間に存在する微小な傾角の現象を考察する必要がある。本論文はこのような観点からなされた研究について述べたもので、6章からなっている。

第1章は序論で、本研究の目的と本論文の構成について述べている。

第2章では、平面波照射による1次元回折格子を用いるタルボ干渉において、両格子面間に導入する微小な傾角が出現するモアレ縞に及ぼす影響について、次の3つの場合について解析している。(1) 微小傾角 α が第一の回折格子(ビームスプリッタ格子)の格子線方向に平行な軸の周りの回転により導入された場合、(2)

微小傾角 β がビームスプリッタ格子の格子線方向に垂直な軸の周りの回転により導入された場合、(3) 両微小傾角 α 、 β が組み合わされた、一般的な場合。

第3章では2次元回折格子(クロスグレーティング)を用いるタルボ干渉における影響について、解析している。まず両方向で異なる周期を持つクロスグレーティングの場合について解析している。さらに解析結果に基づき、タルボ干渉における両回折格子面間の平行度の簡単な実時間検査方法を提案している。

第4章では、より一般的な傾きを持つ場合について解析している。すなわち、微小な傾角はビームスプリッタ格子を、その面上にあり格子線方向と任意の角 δ をなす軸 x について γ だけ回転することにより導入される。解析の結果は実験により確認されている。さらに微小傾角の影響はビームスプリッタ格子をその面内の直交2軸 x 、 y について、それぞれ γ 、 η 回転することにより導入された場合について解明している。

第5章ではタルボ干渉において2つの格子の両方を入射光軸に垂直に取った基準面に関して回転することにより微小な傾角を導入した場合について、その影響を解明している。その結果と、第2、4章の結果と比較してその関係について明らかにしている。

第6章は結論で、本研究を要約している。

本論文ではタルボ干渉における2つの回折格子面間の微小な傾角の影響について、あらゆる状況の傾きについて解明している。その結果、(1) タルボ干渉におけるモアレ縞は、その周期および傾きが両格子間の微小傾角の影響を受け、それは無視できない。(2) モアレ縞の傾きは周期よりも微小傾角に敏感で、そのさいの感度はビームスプリッタ格子の格子線と傾角を導入する際の回転軸とのなす角度に依存する。(3) 微小傾角はモアレ縞のコントラストを低下させる。(4) 両格子面間の微小傾角を判定しかつ修正する簡単な実際的手法を提案している。(5) タルボ干渉におけるモアレ縞の傾きが、格子面間の微小傾角に敏感に影響されることは、それが測定結果を乱す誤差をもたらすから、多くのタルボ干渉応用計測においては明らかに欠点である。しかしながら別な観点からすれば、このことは何らかの情報の計測に応用する可能性がある。たとえば従来のタルボ干渉により滑らかな平面のアンジュレーションを計測する技術などは、この例に当たる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 大 場 良 次
副 査 教 授 山 下 幹 雄
副 査 教 授 馬 場 直 志

学 位 論 文 題 名

Study on effects of small inclination in Talbot interferometry

(タルボ干渉における小傾角の影響に関する研究)

2枚の回折格子とタルボ効果を用いるタルボ干渉法は光学検査の分野で広く応用されている技術であるが、その応用においては2枚の回折格子が完全に平行に設置されているという、理想的な関係を前提としている。もし両者間に微小な傾きがあれば、タルボ干渉により形成されるモアレ縞は傾きのない理想的な場合に比して変化し、この変化は被測定情報に誤差をもたらす。従って両回折格子面間の傾角は、タルボ干渉法を用いる全ての応用計測法において、重要な役割を果たすと考えられる。従来その影響については、大傾角の条件下で論じた少数の論文が発表されているに過ぎない。しかしながらこの傾角は、完全に取り除くことは極めて困難でありタルボ干渉を応用する際に必ず存在するため、両回折格子面間の微小傾角が測定精度に及ぼす影響について考慮する必要がある。本論文はこのような観点からなされた研究について述べたもので、6章からなっている。

第1章は序論で、本研究の目的と本論文の構成について述べている。

第2章では、平面波照射による1次元回折格子を用いるタルボ干渉において、両格子面間の微小な傾角が、出現するモアレ縞に及ぼす影響について解析し、特に第一の回折格子（ビームスプリッタ格子）の格子線方向に平行な軸の周りの回転による微小傾角の影響が大きなことを明らかにしている。

第3章では、2次元回折格子を用いるタルボ干渉における両格子面間の微小傾角影響を、両方向で異なる周期を持つクロスグレーティングの場合について解析

し、さらにその解析結果に基づき、両回折格子面間の平行度の簡単な実時間検査方法を提案している。

第4章では、1次元回折格子を用いるタルボ干渉において両格子面がより一般的な傾きを持つ場合、すなわち微小傾角がビームスプリッタ格子をその面内の直交2軸に対してそれぞれ微小回転することにより導入された場合について解析し、その結果を実験的に検証している。

第5章では、両回折格子を入射光軸に垂直な基準面からそれぞれ回転することにより微小傾角を導入する場合について、その影響を解析している。この結果と第2、4章の結果とを比較して、その関係について議論している。

第6章は結論で、本研究を要約している。

本論文はタルボ干渉において、2つの回折格子面間の微小なあらゆる状況の傾角について、その影響を解明している。その結果次の新知見を得ている。(1)タルボ干渉におけるモアレ縞の周期と傾きは、微小傾角から無視できない影響を受ける。特に(2)モアレ縞の傾きは微小傾角に敏感で、その感度は傾角を導入する際の回転軸とビームスプリッタ格子の格子線とのなす角度に依存する。

(3)微小傾角はモアレ縞のコントラストを低下させる。(4)微小傾角を判定しかつ修正する簡単な実際的手法を提案している。(5)モアレ縞の傾きが微小傾角に敏感に影響される効果を活用する、新たなタルボ干渉応用計測法を提案している。

以上を要するに本論文は、タルボ干渉法を用いる計測法において、従来無視されてきた格子面間の微小角の効果を初めて明らかにしかつその除去手法と利用法とを新たに提案したもので、応用物理学及び計測工学に貢献するところが大きい。よって著者は北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格があるものと認める。