

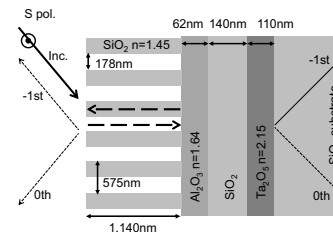
反射防止膜の利用による誘電体透過型回折格子の回折効率向上

Improvement of Diffraction Efficiency of Dielectric Transmission Gratings Using Anti-Reflection Coatings
[K. Nagashima, A. Kosuge, Y. Ochi and M. Tanaka: Opt. Express, 21, No. 16 (2013) 18640-18645]

高強度レーザーのパルス伸張 / 圧縮用のデバイスとして、レーザー損傷耐性が高い石英などの誘電体材料を用いた回折格子の開発が求められている。特に、リトロ配置とよばれる0次と-1次の透過光が対称となる配置をとることで、最高93%の-1次光の回折効率が達成されている。さらに高い回折効率を得るために、Clausnitzerらによって石英埋め込み型の回折格子が提案されているが、作製が困難であった。そこで、著者らは、図に示すように $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5$ という3層の反射防止膜を回折格子の下に付加する構成を提案した。まず、反射防止膜の各層の膜厚を最適化した。膜厚は、既存の確立技術である真空蒸着法を用いることで、ナノミリ単位で制御可能である。S偏光、波長1030 nmのYb:YAGレーザーを対象とすると、石英格子の屈折率1.45の場合、リトロ角は 63.59° 、格子周期は575 nmとなる。反射防止膜つきの石英格子の深さと溝幅を変えて、-1次光の透過率を計算した結果、深さ1140 nm、溝幅178 nmのとき、99%の回折効率が得られた。また、膜部分の光強度は入射光の0.4倍とレーザー損傷の許容範囲内であり、入射角依存性は膜なしの場合より微増した

が、 8.4° の範囲で95%以上と設置しやすさの点でも実用的であった。(図6、文献12)

反射防止膜を付加するという単純な構成をしていることから、応用範囲は広く、3層と層数を多めにすることで反射防止膜の弱点である角度依存性を減らす工夫がみられる。今後は、実際に作製した格子による検証実験が期待される。(水谷 彰夫)



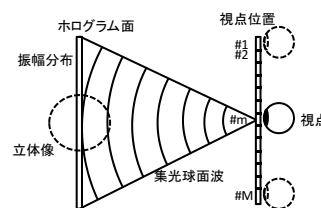
反射防止膜を付加した透過型回折格子の模式図

多視点画像から立体像を再生する計算機ホログラムの簡易計算手法

Simplified Calculation Method for Computer-Generated Holographic Stereograms from Multi-View Images
[Y. Takaki and K. Ikeda: Opt. Express, 21, No. 8 (2013) 9652-9663]

対象物の三次元画像を再生するホログラフィックディスプレイのためのホログラムパターンの計算手法として、多視点からの画像を用いて回折計算を行い、計算機ホログラムで結合する方法が研究されている。リアルタイム表示には、計算時間の短縮が課題である。そこで著者らは、ホログラム立体像の三次元画像の発生方法が視点ごとに視差画像を表示させるオートステレオスコピックディスプレイの原理に類似していることに着目し、回折計算を近似した計算機ホログラムの計算手法を提案している。ある視点への波面分布を振幅分布と球面波の位相分布で表記し、物体波の波面分布を複数の視点への波面分布の和として表した。実際に対象物を複数の視点から撮影した画像を用いてホログラムパターンを計算し、空間光変調器を用いた光学系によって、立体像の再生を実証した。また、位相分布の空間周波数を最適化することで、視点間で画像が滑らかに変化し、かつ、ノイズの少ない立体像が得られる可能性が示された。(図10、文献21)

視点ごとの振幅分布と位相分布の積により波面分布をおおの計算し、全視点の波面分布の和によって、ホログラムパターンを近似的に回折計算する手法は非常に興味深い。振幅計算の和によって、容易に別の像を追加できるなどの利点も考えられる。(多久島 秀)



回折計算を近似したホログラムパターンの計算手法の説明図

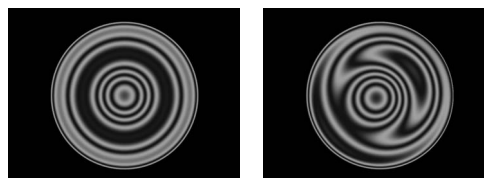
ノン・ヌルの干渉縞から非球面のアライメント誤差によって生じる収差を実用的かつ正確に較正する方法

Practical and Accurate Method for Aspheric Misalignment Aberrations Calibration in Non-null Interferometric Testing
[L. Zhang, D. Liu, T. Shi, Y. Yang and Y. Shen: Appl. Opt., 52, No. 35 (2013) 8501-8511]

干渉計によって汎用性をもって非球面の面精度を測定する目的で、被検面の反射光と参照面の反射光から作られる干渉縞をヌルにするための被検面専用の光学系を準備せずに、作られるノン・ヌルの干渉縞データから両者の光の波面形状差の成分を除去して被検面の面精度を評価する手法がある。この手法では、被検面が所望のアライメントになっていなければアライメント誤差由来の収差が発生するため、その影響を考慮して被検面の面精度を評価する必要がある。これまでには、縞解析結果をもとに被検面を所望のアライメントに再調整する方法や、アライメント誤差由来の収差をツェルニケ多項式の低次成分とみなしその成分を除去する方法が提案されてきた。前者は高精度な調整機構の準備が必要となり、後者は高次の収差成分は除去できない。著者らは、ノン・ヌルの干渉縞データを縞解析して得られるツェルニケ多項式の低次成分から被検面のアライメント誤差を計算し、その状態で生じるはずの収差成分を高次まで干渉縞データから除去する面精度較正方法を提案する。放物面鏡を被検面としてトワイマングリーン干渉計を用いて実験を行い、アライメントの高精度な調整をせず

に、ノン・ヌルの干渉縞から被検面の面精度を高精度に測定できることを確認した。(図9、文献33)

非球面の面精度測定技術は、スタイラスを被検面に接触して走査する方式や、本論文のように干渉計を利用した方式などがあり、各方式で研究開発が進められている。非球面形状の汎用性がより高く、測定時間がより短く、測定精度のより高い技術が実用化されることを期待する。(佐藤 陽輔)



ノン・ヌルの干渉縞の模式図。(左)被検面のアライメントが所望のとき、(右)被検面のアライメントに誤差があるとき

多チャンネル光学系による多解像度撮像システム

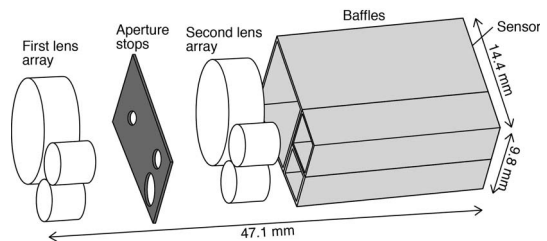
Demonstration of a Multichannel, Multiresolution Imaging System

[G. Y. Belay, H. Ottevaere, Y. Meuret, M. Vervaeke, J. V. Erps and H. Thienpont: Appl. Opt., 52, No. 24 (2013) 6081-6089]

本論文では、多チャンネル光学系による多解像度撮像システムを試作し、評価実験を行っている。試作した撮像システムは、3つの光学系を集積した複眼光学系がイメージセンサーを共有する構成となっている。2つのレンズアレイの間に開口絞りを配置し、さらに、隣接する光学系からのクロストークを抑えるための隔壁をもつ。各光学系はそれぞれ、画角が7°, 20°, 80°, 角解像度が0.0096°, 0.078°, 0.029°となるように設計されている。本論文ではまず、整形されたレンズについて、レンズ表面プロファイルの測定を行い、設計値との比較を行っている。また、得られた測定値をもとに、実験結果との比較を行うためのシミュレーションモデルを作成している。試作した撮像システムにより、同時に異なる解像度の画像の取得を行い、提案システムの妥当性を示している。また、定量的な評価として、MTF, 画角, 被写界深度などの測定を行い、設計値あるいはシミュレーション結果との比較を行っている。(図9, 表3, 文献18)

焦点距離の異なるレンズを用いた複眼光学系により、同時に異なる画角、解像度の画像の撮影を可能としており、興味深い。しかしなが

ら、一眼レフデジタルカメラのイメージセンサーを使用した実験では、アライメントの自由度が少ないため画質の劣化が生じている。また、隔壁においても拡散反射による取得画像のコントラストの低下がみられる。今後、このような課題の解決が期待される。(生源寺 類)



3チャンネル光学系による多解像度撮像システム概略図

ヒト皮膚生体内色素たんぱく濃度、吸収および散乱特性

Chromophore Concentrations, Absorption and Scattering Properties of Human Skin *In-vivo*

[S.-H. Tseng, P. Bargo, A. Durkin and N. Kollias: Opt. Express, 17, No. 17 (2009) 14599-14617]

In vivo 生体組織における吸収係数、等価散乱特性および色素たんぱく量は、光を用いた美容、治療、診断技術において重要な情報である。これまでに拡散反射スペクトルを光子拡散理論に基づき解析する手法が数多く提案されているが、皮膚のような表層の光学特性値を正確に推定することが困難である。本論文では、ファイバー光学系と拡散反射板を組み合わせた拡散反射プローブによる新しい皮膚光学特性値推定法の検討を行っている。

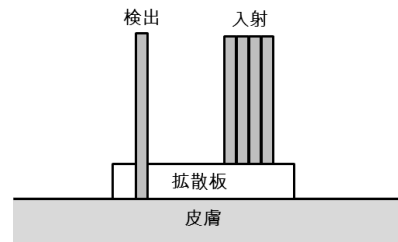
本システムは、定常拡散光計測と周波数変調光計測の2つのサブシステムから構成されている。4本のファイバーからの入射光は拡散板により拡散され、皮膚へと照射される。皮膚からの拡散反射光は、拡散板を貫通する1本の検出用ファイバーにより取り込まれる。定常光空間分解および周波数領域の拡散方程式を組み合わせた計算モデルの結果に対するフィッティングにより、吸収係数と等価散乱係数を推定しており、吸収スペクトルから、酸素化・脱酸素化ヘモグロビン、メラニン、水および脂質の定量化を行っている。

実験では、スキンタイプ別および部位別の散乱・吸収特性値測定や波長領域分割(500~600 nm, 600~1000 nm)によるフィッティング精度の向上と測定深度選択が検討されている。さらに、前腕閉塞実験において、真皮上層と真皮下層でのヘモグロビン酸素飽和度の変化に

違いがあることを明らかにしている。(図11, 文献31)

一般に拡散方程式を用いた近似では平均自由行程の5倍以上の入射-検出条件、すなわち十分に拡散した光の検出を想定しており、比較的深部の測定に制限されていた。本論文では皮膚上部に拡散板層を挿入することで、光子拡散方程式に基づく皮膚表層の光学特性値測定に成功している。今後は、皮膚以外の臓器への応用にも期待したい。

(西館 泉)



拡散反射プローブの構成

ホログラフィック光相関器に基づくシーンマッチングにおける画像回転測定

Image Rotation Measurement in Scene Matching Based on Holographic Optical Correlator

[T. Zheng, L. Cao, Q. He and G. Jin: Appl. Opt., 52, No. 12 (2013) 2841-2848]

この論文では、リモートセンシングにおけるシーンマッチングにおいて、回転および平行移動の影響を解決するための相関モデルを提案している。この相関モデルは、リモートセンシングにおいて空間的に統計特性が変化しない定常ランダム特性がある場合を前提としている。二次元平行移動のシーンマッチングの前に、モデル画像の回転を測定し、回転を補正することで回転不変性を達成している。入力画像は1°の間隔で-5°から5°まで回転し、新しい画像を11枚生成する。次に11枚の新しい画像においてすべてのテンプレート画像と相関すると、11個の相関行列が得られる。それぞれの相関行列の最大値を抽出すると、その最大値はモデルによって予測された固定曲線に従う。固定曲線の予想ピークに対応する回転を入力画像の回転であると

すると、回転測定は0.05°程度の精度が達成される。さらに入力画像を36回転することで、回転の測定範囲は±180°に拡大することができる。(図12, 表1, 文献20)

この方法は、並列多チャンネルホログラフィック光相関器によるシーンマッチングのために、非常に高速かつ正確であるといえる。定常ランダム特性があることを前提としているが、リモートシーン検索では海面と沿岸陸地などを含んだ平均強度が変化する画像も多くある。このように対象は限られるが、ホログラムにおけるソフト選択性を巧みに利用しており回転検知精度も高いため、シーン検索には有効に機能すると考えられる。(渡邊恵理子)