

銀ナノクラスター分散ガラスにおける白色発光の偏光保持性

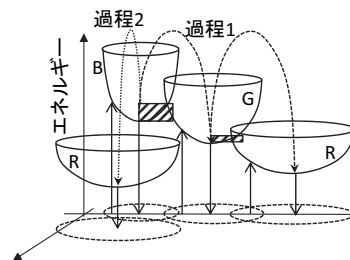
Polarization Memory of White Luminescence of Ag Nanoclusters Dispersed in Glass Host

[A. S. Kuznetsov, V. K. Tikhomirov and V. V. Moshchalkov: Opt. Exp., 20, No. 19 (2012) 21576-21582]

さまざまな母材に分散された数個の原子からなる銀ナノクラスターは高い発光量子収率が得られることから、ディスプレイ、照明や太陽電池などへの応用が期待されている。著者らは銀ナノクラスター分散ガラスの偏光保持性に注目し、白色発光現象を説明するモデルを提案し、さらなる効率の向上の可能性を示した。溶融急冷法によって作製した銀ナノクラスターガラスに、355 nm から 480 nm の励起光を照射し、室温と 14K の低温において、その発光スペクトルと偏波保持スペクトルを測定した。発光スペクトルは励起光波長だけでなく温度によっても変化し、励起光波長が短いほど室温時に比べて低温時では広い波長域で発光強度が増加することを示した。偏光保持スペクトルについても同様に励起波長と温度を変えて測定している。直接励起されたクラスターから放射される光は偏波保持性が高く、図のようにクラスター間のポテンシャルの障壁をホッピングして放射された光は偏波保持性が低いと考えられる。著者らは偏波保持スペクトルの測定結果から、直接的な発光以外に過程 1 と過程 2 の 2 通りの発光過程をもつモデルを提案し、温度によって発光過程の割合が変わることを示唆した。(図 4, 文献 16)

発光デバイスへの応用が注目されている銀ナノクラスターの発光現

象を表すモデルは興味深い。実用の点からは、今後、クラスターの形状やサイズ、分散状態と発光特性の関係に関する検討と白色発光の条件の最適化が期待される。(海老澤瑞枝)



RGB 発光銀ナノクラスターの配位座標モデル

製造誤差感度の一般的な制御方法

General Method of Sensitivity Control for Manufacturing Errors

[A. Yabe: Appl. Opt., 49, No. 27 (2010) 5175-5182]

近年、製造誤差感度を設計段階で制御することの重要性が増してきている。その理由のひとつは、撮像素子の小型化によって使用される撮像レンズも小型化してきており、製造誤差が相対的に大きくなるため、性能に与える影響も大きくなってきているからである。また、非球面を多用した設計が多く、誤差感度が上がってきていることも挙げられる。そこで著者は、設計段階で製造誤差感度を制御するために、レンズの結像性能を表す MTF (modulation transfer function) によるモンテカルロシミュレーション結果を設計のターゲットとして制御する方法を考案した。具体的には、製造誤差が発生した場合の波面収差の変動量を光線追跡から計算し、その波面収差の変動量の近似によって求めた MTF をターゲット関数として自動設計に組み込むというものである。実際にリアプロジェクションレンズ系や CRT プロジェクションレンズ系を使用して、簡単な誤差発生を想定したモデル光学系を構成し、製造誤差のターゲット関数とモンテカルロシミュレーション

による MTF 劣化の間の相関を調査した結果、両者の間には十分な相関関係が存在することを確認している。さらに、この最適化手法は非常に計算速度が速く、通常の自動設計とほぼ変わらない計算時間で最適化が可能という特徴もある。また、携帯電話向け単焦点レンズの設計において、製造誤差のターゲット関数を使用して設計した設計解と使用せずに設計した設計解では、レンズ形状が大きく異なり、偏芯誤差感度にも大きな違いがあることが示されている。(図 16, 表 3, 文献 8)

製造誤差感度と設計性能の両立は光学設計者の永遠のテーマである。特に近年の光学系の小型化、高性能化の流れの中では必然的に製造誤差感度低減の自由度が低くなってきており、設計時には常に苦慮している。著者の考案した設計手法は設計時から直接誤差感度を制御でき、非常に有益であると考えられる。今後、実際の設計に取り入れてみたいと感じた。(佐野 永悟)

デジタルホログラフィック顕微法における各種光学パラメーターと space-bandwidth product の最適化

Optical Parameters and Space-Bandwidth Product Optimization in Digital Holographic Microscopy

[D. Claus and D. Ilescu: Appl. Opt., 52, No. 1 (2013) A410-A422]

この論文はデジタルホログラフィー顕微法を特性付けるいくつかの重要な光学パラメーターについて、幾何光学および回折光学に基づく導出を示す。この導出により、ホログラム記録面が結像面の手前にある状況下においては、ホログラフィー顕微法の視野は通常の顕微鏡結像の場合よりも広いことが明らかになる。また導出結果を用いて、対物レンズの SBP (space-bandwidth product) とホログラムの SBP の最適な整合条件を明らかにする。これにより、ホログラフィー顕微法ならではの SBP 向上方針が示される(通常の顕微鏡では対物レンズの性能を上げるしかない)。さらに、光学的分解能と標本定理を満足することができるホログラム再生距離(ホログラム面と結像面との距離)を示す。これは、任意の曲率の波面をもつ参照波を考慮しており、レンズレスホログラフィー光学系にも適用できる。この導出結果から、物体光の波面と参照波の波面の曲率を整合させることによって

劇的に短い再生距離が実現でき、最大の SBP でホログラムが記録できることが示される。それらに加え、MTF (modulation transfer function) に基づいてデフォーカスの影響を考慮に入れた被写界深度を導出する。MTF に基づく被写界深度の検討は著者が初めて行った。被写界深度の検討は円形開口の場合と矩形開口の場合それぞれに対して行い、矩形開口を用いたほうが被写界深度が深くなり、分解能が高くなることが示された。(図 12, 文献 31)

本論文はホログラフィー顕微法の光学システムについて、丁寧に各種パラメーターを整理し、性能の指標を示している。網羅的によくまとまっており、デジタルホログラフィーを勉強する参考資料として役立つ。また、数学的な導出の過程や帰結において、運用上有益な処方箋がいくつか示されており、すでにデジタルホログラフィーを利用している技術者、研究者にとっても有益である。(和田 篤)

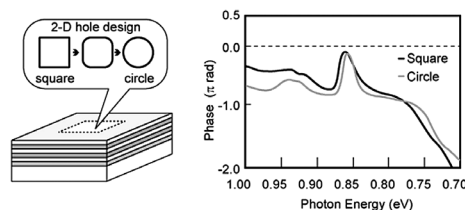
金属-誘電体積層ナノホールアレイの孔形状デザインによる透過位相制御

Transmission Phase Control by Stacked Metal-Dielectric Hole Array with Two-Dimensional Geometric Design

[T. Matsui, H. T. Miyazaki, A. Miura, T. Nomura, H. Fujikawa, K. Sato, N. Ikeda, D. Tsuya, M. Ochiai, Y. Sugimoto, M. Ozaki, M. Hangyo and K. Asakawa: Opt. Express., 20, No. 20 (2012) 16092]

光の波長よりも十分小さな孔（ナノホール）を周期的に設けた金属-誘電体積層膜は、実効的な負屈折率や異常光透過現象など興味深い性質を示すことが知られている。著者らは、金属-誘電体積層ナノホールアレイを透過する光の位相が孔の形状によって変化することに着目し、基板上的孔形状分布をデザインすることで超薄型のビーム屈折素子として応用可能であることを報告している。論文では、SiO₂ (80 nm) を6層、Al (20 nm) を5層積層した石英基板に、円形ないしは正方形の微細孔（直径あるいは一辺 500 nm）を正方格子状（周期 1 μm）に設けると、孔形状によって透過率と位相特性が変化することを理論計算および実験から明らかにしている。また、この原理を発展させ、孔形状を正方形から円形に徐々に変化させることで、透過光の位相が基板面内で徐々に変化する素子、すなわち屈折素子を実現している。孔形状制御によって達成された位相変化量は最大 0.125π と小さいが、設計の最適化により改善が期待できることを述べている。（図7、文献33）

ナノ構造を有する基板を用いて、透過光強度や偏光でなく、透過位相の制御を行っている点が興味深い。作製した基板はビームを一方に屈折させることしかできないが、液晶などの屈折率変調材料と組み合わせることでビーム走査素子としての応用が期待できる。設計の最適化による位相変調量の改善に期待したい。（吉田 浩之）



孔形状をデザインした金属-誘電体積層膜と透過光の位相の孔形状依存性（位相 0 は真空中の伝搬に相当）

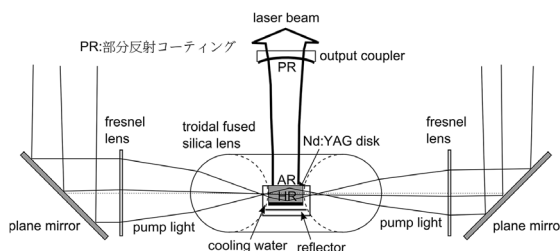
超高輝度太陽光励起ディスク型レーザーの設計

Design of Ultrahigh Brightness Solar-Pumped Disk Laser

[D. Liang and J. Almei: Appl. Opt., 51, No. 26 (2012) 6382-6388]

将来の自然エネルギーの候補として、宇宙太陽光利用システム SSPS (space solar power system) がある。地球の静止軌道上で太陽光を集めてマイクロ波やレーザーに変換して地上に送る方法であり、2020~30年代での実用化を目的として世界各国で研究が進められている。本論文は、マルチフレネルレンズ方式の太陽光励起ディスクレーザーの高出力化を目的としている。著者らは、単結晶 Nd:YAG ディスクの周辺部に Sm³⁺ をドープした Sm³⁺Nd:YAG セラミックディスクレーザーについて、光学設計ソフト「ZEMAX」とレーザー共振器のモデリングソフト「LASCAD」を組み合わせて各種パラメータの最適化を行い、ディスクの薄型化・大口径化による熱レンズ効果の減少によって劇的な性能向上が得られる可能性を示す設計解を導いた。計算上では、本レーザーの出力は従来法の 180 倍以上と大幅に向上し、捕集効率も 17.7 W/m² に達すると見込まれる。（図8、表1、文献27）

深い。本研究はまだ設計段階ではあるが、太陽光励起レーザーの高出力化に向けた指針を示す取り組みであると考えられ、今後の動向に期待したい。（藤代 一朗）



マルチフレネルレンズ方式のディスク型レーザーの概念図

紙で製作したテラヘルツ電磁波対応の回折レンズ

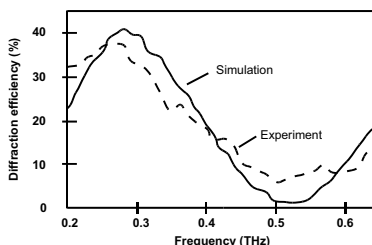
Diffractive Paper Lens for Terahertz Optics

[A. Siemion, A. Siemion, M. Makowski, J. Suszek, J. Bomba, A. Czerwiński, F. Garet, J-L. Coutaz and M. Sypek: Opt. Lett., 37, No. 20 (2012) 4320-4322]

テラヘルツ電磁波による非破壊検査などの産業利用が活発に行われている。受光部で可能な限り光を集めるために、材質での吸収が小さいプラスチックや金属を用いた大口径レンズが使われている。しかしながら、これらの材質を用いた大口径レンズは加工の難しさや高コストの問題を抱えている。そこで著者らは、テラヘルツ波帯域で高い透過率をもつ紙を用いた回折レンズの製作を報告している。回折レンズは有効径 100 mm、焦点距離 100 mm であり、周波数 0.26 THz において一次回折率が最大値を有するように設計した。格子構造の材質は、厚さ 1.15 mm の光沢紙 (250 g/m²) と厚さ 1.27 mm の無塩素漂白パルプ紙 (300 g/m²) を用い、屈折率は各々 1.53, 1.43 であった。製作方法は、波長 10.6 μm の CO₂ レーザーカット装置を用いて紙を切断する。カット後の断面形状は、回折レンズを構成するバイナリ一位相格子に相当する。製作された回折レンズをテラヘルツ時間領域分光法とゴニオメーターとの構成にて光学評価したところ、一次回折率は理論値 40.4% に対して、実測値 37% が得られたことが述べら

れている。（図8、文献9）

テラヘルツ波帯域での高透過特性を活用して、紙で光学素子を作る試みは非常に興味深い。紙は低コストかつ大面積の加工が容易な材質であるが、その一方で吸水性が高く変形しやすいので、長期の使用には工夫が必要と思われる。本分野において、より活発な光学素子の提案を期待したい。（岡野 正登）



無塩素漂白パルプ紙で製作した回折レンズの一次回折効率