

気になる論文コーナー

単一細胞構造操作のためのラゲールガウスビームを用いた光トラップ

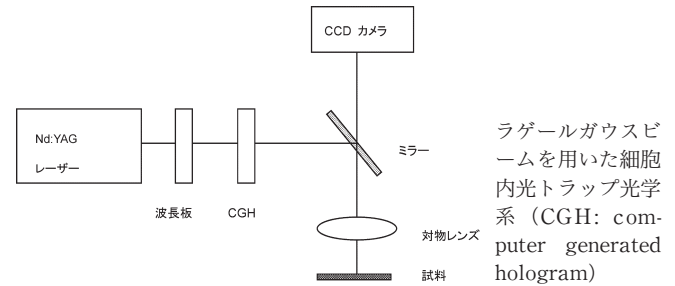
Using Polarization-Shaped Optical Vortex Traps for Single-Cell Nanosurgery

[G. D. M. Jeffries, J. S. Edgar, Y. Zhao, J. P. Shelby, C. Fong and D. T. Chiu: Nano Lett., 7, No. 2 (2007) 415-420]

細胞内部構造（細胞小器官、タンパク質複合体など）は時々刻々細胞内部を動いているため、その時間、空間に関する情報を得ることは、細胞および細胞内部構造の機能を定量化するうえで重要である。光トラップ（光ピンセット）を用いると、特定の細胞内部の構造の移動や隔離が可能であるが、従来の光トラップではビームを集光するため、捕捉物体である細胞内部構造に損傷を与えることが問題となっていた。本論文では、捕捉物体への損傷を低減するために、ラゲールガウスビームを用いた光トラップを提案し、その効果を細胞内部小器官の捕捉により検証した。波長 1064 nm の Nd:YAG レーザーからの出力光を計算機支援プログラム（CGH: computer generated hologram）によりラゲールガウスビームに変換し、対物レンズにより集光した。偏光を変えることにより集光点での光強度分布、すなわちトラップ力のポテンシャルを制御し、物体を捕捉した。物体の大きさにより捕捉される位置が異なることを、実験ならびに計算機シミュレーションにより示した。また、本手法を細胞内部構造の操作に適用し、細胞内小器官であるミトコンドリアを褪色させることなく、従来手法に比べて

5 倍の時間捕捉できることを示した。さらに、リソソームを細胞内部から細胞外に移動させることにも成功した。（図 4，文献 33）

生きた細胞内部の細胞小器官を細胞が生きたままに操作できる手法は非常に興味深い。細胞内部構造の機能解明のみならず、細胞内小器官の移植、品種改良などへの応用が期待される。（渡辺 歴）



オートマティックデフォーカシングによる距離測定

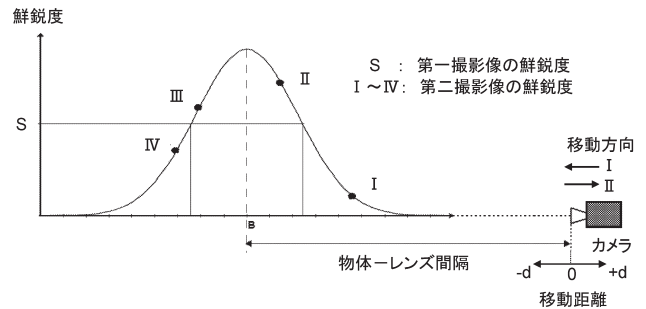
Depth from Automatic Defocusing

[V. Aslantas and D. T. Pham: Opt. Express, 15, No. 3 (2007) 1011-1023]

距離計測方法にはさまざまな手法があるが、単眼カメラによる受動的な方法は構成が単純なため、低コスト、小型の測定装置を実現できる。本論文では、単眼カメラによって撮影されたデフォーカス像を用いて、距離計測を行う新たな方法を提案している。提案手法では、 F ナンバー、物体-レンズ間隔、レンズ-撮像素子間隔などの設定値が異なる 2 つの光学系で物体を観測し、2 つの像の鮮鋭度（ぼけ具合）が同様になるまで設定値を調整する。そして、得られた 2 組の設定値から物体までの距離を算出する。 F ナンバーと物体-レンズ間隔を設定値として選択し、200~900 mm の位置にある対象物の距離計測を行ったところ、平均測定誤差 0.15% の結果を得た。点像分布関数を用いた方法や対象物の焦点像を求める方法など、同様な光学系構成で行う従来方法と比較して、より信頼性の高い測定が可能であると著者は主張している。（図 8，表 1，文献 45）

提案手法を用いることで測定精度と信頼性を高めることができた

ば、単眼カメラ方式による測定装置のさらなる用途展開の幅が広がることが期待される。（渡邊由紀夫）



Y-cut MgO ドープ LiNbO₃ を用いた二次元導波路型擬位相整合第二高調波発生デバイス

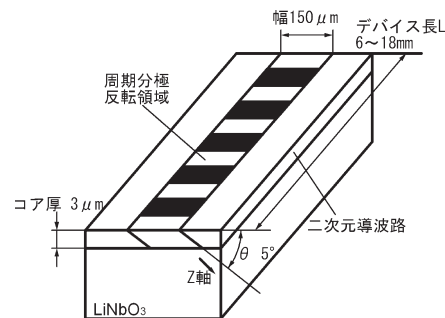
Planner-Waveguide Quasi-Phase-Matched Second-Harmonic-Generation Device in Y-cut MgO-doped LiNbO₃

[K. Sakai, Y. Koyata and Y. Hirano: Opt. Lett., 31, No. 21 (2006) 3134-3136]

ワットオーダーの可視光レーザー光源が、プリンター、ディスプレイや材料プロセス用のデバイスとして広く要求されている。緑色や青色の高出力半導体レーザー (LD) が実用化されるまで、非線形光学を利用した赤外 LD の第二高調波発生 (SHG) が有望である。著者らは、MgO ドープ LiNbO₃ (LN) の二次元導波路内に大面積の周期反転分極領域を作製し、室温において 1 W オーダーの緑色光出力、26~49% の変換効率を得ることに成功した。5 mol% の MgO をドープした Y-Cut LN 基板に対して電圧印加により幅 150 μm の周期反転分極領域を作製、LN 基板に対するクラッド層として SiO₂ を真空蒸着により挟み込み、二次元導波路構造を形成した。Nd:YAG レーザー（波長 1064 nm）を基本波として使用し、長さ 7 mm のデバイスで 1.08 W、長さ 18 mm のデバイスで変換効率 49% の第二高調波を得た。（図 4，文献 18）

コンパクトな可視光高出力コヒーレント光源として今後の展開が興味深い。本論文では基本波光源として固体レーザーを使用している

が、LD と組み合わせた集積化デバイスが期待される。（白附 晶英）



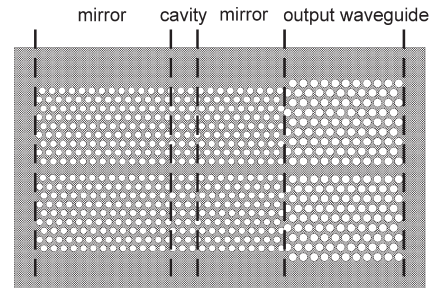
二次元導波路型 QPM-SHG デバイスの構造

InAs 量子ドット活性層を用いた端面出射フォトニック結晶ダブルヘテロ構造ナノ共振器レーザー

Edge-Emitting Photonic Crystal Double-Heterostructure Nanocavity Lasers with InAs Quantum Dot Active Material
[T. Yang, A. Mock, J. D. O'Brien, S. Lipson and D. G. Deppe: Opt. Lett., **32**, No. 9 (2007) 1153-1155]

フォトニック結晶構造を基本としたナノ共振器や導波路は、高密度光集積回路のための有望な構成要素と考えられている。しかし、これまで報告されてきたフォトニック結晶ナノ共振器レーザーはすべて表面出射型であり、他の素子とのモノリシック集積化に適していない。本論文では小さいモードサイズ、高いQ値、容易なモノリシック集積化、高い収集効率など多くの利点を有する端面出射型のフォトニック結晶ナノ共振器レーザーを初めて提案・実現し、集積されたフォトニック結晶導波路へのバットカップリングも行っている。レーザー共振器はフォトニック結晶ダブルヘテロ構造で形成され、1本の線欠陥を有する三角格子フォトニック結晶導波路からなる。デバイスは、5層のInAs量子ドットを活性層とするGaAs薄膜を用いて作製された。励起光（波長850nmの半導体レーザー）を共振器位置に正確にパルス照射したとき、波長1330nmで発振した。またフォトニック結晶レーザーからの導波光が、集積したフォトニック結晶導波路に結合していることを確認した。（図4、文献12）

本論文ではモノリシック光集積回路の光源として応用可能な端面出射型のフォトニック結晶ナノ共振器レーザーを初めて実現した。高密度光集積回路への発展を期待したい。（上向井正裕）



フォトニック結晶ダブルヘテロ構造ナノ共振器レーザーの概略図

三次元光学血管造影法

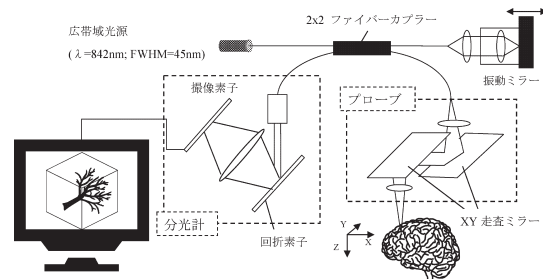
Three Dimensional Optical Angiography

[R. K. Wang, S. L. Jacques, Z. Ma, S. Hurst, S. R. Hanson and A. Gruber: Opt. Exp., **15**, No. 7 (2007) 4083-4097]

腫瘍検出や認知症解明のために、生体中の毛細血管の流れの定量化および可視化を行う研究が進んでいる。たとえばDOCT (Doppler optical coherence tomography) は、測定対象を破壊することなく測定対象の中で動いている物体の断面画像を得られるため、有用な技術である。これまでに、このDOCTとリアルタイム観測を可能としたFDOCT (frequency domain optical coherence tomography) を組み合わせた手法が開発されている。しかしDOCTはドップラー効果による位相シフトを検出するため、位相区間 $(-\pi, \pi)$ を超える移動量を検出できないという問題があった。著者らは、同じくFDOCTをベースとした光学血管造影法(OAG: optical angiography)を提案した。OAGはFDOCTで得られた信号をヒルベルト変換により解析信号へと変換することで、OCT信号とドップラー信号を分離する。位相シフトでなく周波数シフトに基づいているため、OAGは従来手法では検出できない大きな移動も検出できる。さらに、OAGは大量のデータを参照して血流の位置を決定するため、測定時の雑音の影響を受けにくい。この雑音に対するロバスト性のため、OAGは精度の高いクリアな血流画像を生成することができる。著者らは、実際にマ

ウス的大脑皮質中にある毛細血管の血流を三次元モデルとしてリアルタイムに表示した。この実験で、マウス的大脑を破壊することなく毛細血管の血流を高解像度で検出している。（図6、文献41）

生体内の血流がほとんど雑音のない状態で観察できることは、病気の早期発見につながる。原理的に応用分野も広いので、さらなる発展を期待する。（山下 敏行）



OAGの概略図

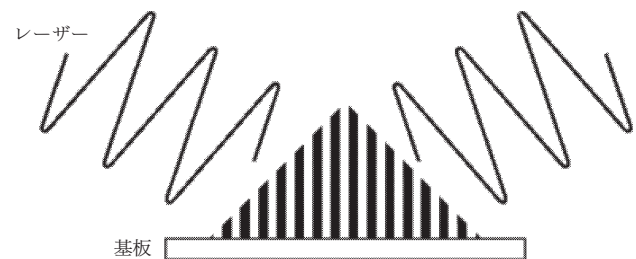
レーザー干渉リソグラフィーによる超解像ナノパターンニング用マイクロレンズアレイの作製

Microlens Array Fabrication by Laser Interference Lithography for Super-Resolution Surface Nanopatterning

[C. S. Lim, M. H. Hong, Y. Lin, Q. Xie, B. S. Luk'yanchuk, A. Senthil Kumar and M. Rahman: Appl. Phys. Lett., **89**, No. 19 (2006) 191125]

現在、回折限界を超えるべく、電子線リソグラフィー法や近接場光リソグラフィー法などのさまざまなリソグラフィー法が開発されている。しかし、そのいずれの手法においても、高コスト、低スループットといった課題を抱えている。本論文では、超解像を低コスト・高スループットで実現するマイクロレンズアレイ (MLA: microlens array) を用いたリソグラフィー法を提案している。著者らは、レーザー干渉リソグラフィー法、リフロー法、RIE法を用いて、直径 $1\mu\text{m}$ 、高さ330nm、ピッチ $2\mu\text{m}$ 、NA0.47のMLAを石英基板上に作製した。そして、作製したMLAとKrFエキシマレーザーを用いて、Si基板上的フォトレジストにホール形状を作製し、その形状をAFM (atomic force microscope) を用いて測定した。その結果、提案手法によって、径78nm、深さ13nm、ピッチ $2\mu\text{m}$ となる高解像度なホールの作製に成功した。また、本手法では、このホール形状を5mm角サイズに約625万個まで作製できるとしている。（図5、文献18）

MLAと汎用性の高いKrFレーザーを組み合わせるシンプルな系によって高解像度を実現している。今後は、さらなる高解像度化と形状制御性の向上に期待したい。（植木 真治）



レーザー干渉リソグラフィー法の概念図