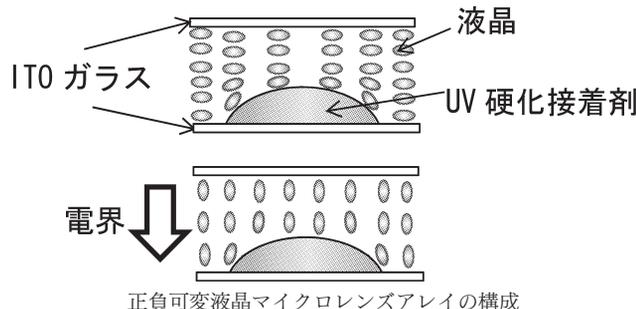


印刷形成による正負可変液晶マイクロレンズアレイ

A Negative-Positive Tunable Liquid-Crystal Microlens Array by Printing
[H. T. Dai, Y. J. Liu, X. W. Sun and D. Luo: Opt. Express, 17, No. 6 (2009) 4317-4323]

焦点可変機能をもつマイクロレンズアレイは、光配線、波面補償や画像システムなどに利用されており、液晶を用いた可変焦点レンズは従来から活発に研究されている。著者らは、近年報告されたインクジェットによるマイクロレンズ形成技術を利用し、焦点の正負が可変な直径 550 μm の液晶マイクロレンズアレイを作製した。一方にラビング処理した配向膜上に、インクジェット印刷により屈折率 n_p の紫外線硬化接着剤でマイクロレンズを形成し、これを ITO 基板で挟み、常光屈折率 n_o 、異常光屈折率 n_e の液晶を封入する。これらの屈折率は $n_e > n_p > n_o$ としているため、ラビングと並行方向の偏光を入射すると凹レンズ、直交方向の偏光を入射すると凸レンズとなる。また、電圧の印加によってそれぞれの焦点を可変とし、印加電圧 0 V のときに凹レンズとして 22.9 mm、印加電圧を最大としたときに凸レンズとして 31.2 mm の焦点距離を実現している。また、液晶と紫外線硬化接着剤は透過性が高く、ひとつのレンズの集光効率は 92% である。(図 7, 文献 28)

液晶レンズの原理として特に新しい点はないが、製造と動作の両方の点において実用的な手法で焦点距離の正負の制御を可能とした点が興味深い。同軸上での拡散と集光が可能なることから、さまざまな応用が期待できる。
(海老澤瑞枝)



正負可変液晶マイクロレンズアレイの構成

顕微鏡の被写界深度拡大用多項式位相マスク

Polynomial Phase Masks for Extending the Depth of Field of a Microscope
[N. Caron and Y. Sheng: Appl. Opt., 47, No. 22 (2008) E39-E43]

F 値と許容錯乱円径で決まる被写界深度をデジタル画像処理技術を用いて拡大する技術が、さまざまな分野で注目を集めている。多くの方式が提案されているなかで、本論文は、位相マスクを用いて像を意図的にぼかす代わりに、物体距離の異なる PSF (点像分布関数) 形状を略等しくし、画像を撮影した後にデジタル画像処理を行い、深度を拡大する方式の位相マスク形状に関するものである。これまで位相マスク形状は、三次関数、対数関数、指数関数、バイナリー型等が提案されているが、本論文では新たに奇数次多項式を提案し、シミュレーションと試作評価を行った。著者らが目標とした位相マスクの設計は、被写界深度を $\pm 17.5 \mu\text{m}$ から $\pm 200 \mu\text{m}$ まで拡大するものである。実際に計算を行ってみると、31 次の高次項まで使用することで、位相プロファイルを微妙に調整できることがわかった。意図的にぼかしたときの MTF (変調伝達関数) ターゲットは各物体距離からの MTF の平均値とし、奇数次多項式の係数は MTF ターゲットと各物体距離からの MTF の差を空間周波数で積分した値 (コストファン

クション) が最低になるように計算を行った。コストファンクションは、5 つの異なる物点位置から計算した。計算された波面形状は略三次関数に近い形状をしているが、すでに提案されている関数でフィッティング比較すると、指数関数形状が最もフィッティング精度が高い。画面全体にわたる均一なぼけを取り除くためのデコンボリューションフィルターには、各物体距離での OTF の振幅、位相のそれぞれ平均値の逆数を用いた。位相マスクを顕微鏡の対物レンズとチューブレンズの間に配置し、異なる物体位置でチャートを撮影した結果、幾何光学的な被写界深度に比べ 10 倍以上の被写界深度が得られた。(図 5, 表 2, 文献 9)

高性能が求められる顕微鏡に、被写界深度拡大技術を応用した点が興味深い。本論文では通常の 10 倍以上の被写界深度を得られており、今後は画像処理後のさらなる画質向上が期待される。(野口 一能)

酸化およびアニーリング処理のナノ結晶シリコンによる長寿命の青色燐光

Long-lived Blue Phosphorescence of Oxidized and Annealed Nanocrystalline Silicon
[B. Gelloz and N. Koshida: Appl. Phys. Lett., 94 (2009) 201903-1-201903-3]

燐光 (Ph, phosphorescence) は、おもに有機物、希土類物質あるいは金属酸化物等の化合物から観測される。燐光は絵画、セキュリティ、医学、薬学、レーザー技術および有機発光ダイオードなどの分野で幅広く応用されている。最近、ナノシリコン膜による青色燐光現象が報告されたが、その発光寿命はナノ秒オーダーであった。著者らは、ナノ結晶構造の多孔性シリコン (PSi, porous silicon) (68% の有孔性) 膜を製作し、試料に対して 900°C の酸素中で 30 分間酸化を行い、最終のプロセスとして 3.9 MPa, 260°C で 3 時間の高圧水蒸気アニーリング (HWA) を行った。それにより試料は OPSi (oxidized PSi) 構造になると考えられる。従来の PSi の発光スペクトルには赤と青色のバンドが共存するが、OPSi 試料からは青色だけが観測された。OPSi 試料を 4 K, 266 nm で励起した後、日光中において肉眼で数秒間の発光現象が確認できた。また、著者らは、青色燐光のスペクトルはナノシリコン結晶の大きさおよび密度などに依存しないことを見出した。しかしながら、高い青色発光強度を得るためには、ナノシ

リコン、ナノシリコン酸化物を高密度に形成する必要があるという知見を得た。著者らは、酸化物の中に分散したシリコンチェーン、あるいはネットワーク状の低次元シリコンナノ構造、または感光体の役目をするナノシリコン構造をもつ酸化物自体が、OPSi の青色燐光の原因であると議論を行った。(図 5, 文献 19)

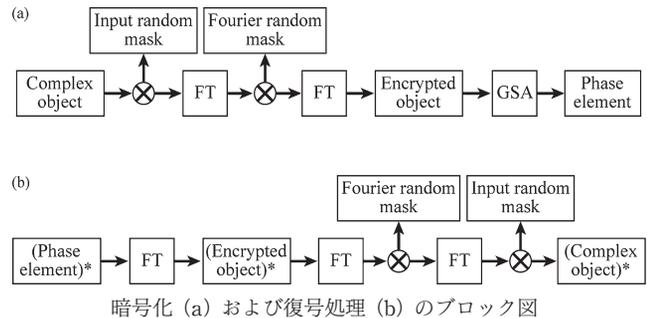
発光性が非常に弱いといわれているシリコンに対して HWA 処理を行うことで、数秒間にわたる長寿命の青色燐光が確認された。これは、シリコンのみで構成された光デバイスを実現するための大きな一歩になると考えられる。(金 蓮花)

振幅情報をおとり画像として用いる複素情報の効率的暗号化法

Efficient Encrypting Procedure Using Amplitude and Phase as Independent Channels to Display Decoy Objects
[J. F. Barrera and R. Torroba: Appl. Opt., 48, No. 17 (2009) 3120-3128]

本論文では、二重ランダム位相暗号化法の拡張手法を提案している。従来の二重ランダム位相暗号化法とは異なり、提案手法では入力(平文)画像として、独立した振幅および位相情報をもつ画像を用いる。また、暗号化処理により得られる振幅および位相情報に対してGS (Gerchberg-Saxton) アルゴリズムを適用し、位相のみの情報に変換することで、暗号画像の効率的な情報伝送を実現している。復号処理において、2つのランダム位相マスクを用いることで、入力画像の振幅および位相情報を復号することができる。一方で、フーリエ面に置かれたランダム位相マスクのみからでは、振幅情報しか復号できない。このことを利用することで、利用者によってアクセスできる情報のコントロールや振幅情報を「おとり」として利用するなど、実用的な応用が期待できる。さらに本論文では、多重記録による応用例について言及している。暗号画像を多重化することで、より効率的な暗号画像の伝送および暗号強度の強化が可能となる。(図9, 文献25)
位相回復に用いられるGSアルゴリズムを、情報圧縮手法として用

いている点が興味深い。また、振幅・位相情報への拡張による、既知平文攻撃などの攻撃に対する耐性への影響についての調査が望まれる。(生源寺 類)



暗号化 (a) および復号処理 (b) のブロック図

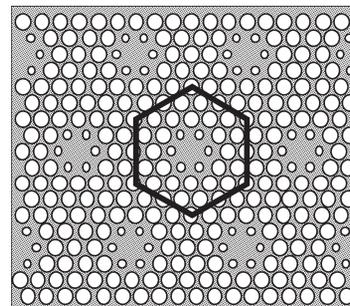
高い指向性発光を有する特殊周期フォトニック結晶 LED の設計

Design of Superperiodic Photonic-Crystal Light-Emitting Plates with Highly Directive Luminance Characteristics
[C. M. Lin and G. H. Song: J. Opt. Soc. Am. B., 26, No. 2 (2009) 328-336]

液晶ディスプレイのバックライトや自動車用ヘッドライトなどへの応用に向けて、高出力かつ高い指向性を有するLEDの開発が行われている。近年、フォトニック結晶を用いたLEDによって、各特性の改善結果が報告されている。著者らは、三角格子構造中に複数の欠陥部を設けたフォトニック結晶をLEDの射出端面に配置した構成を提案している。本論文では、FDTD (finite-difference time-domain) 法を用いて、このような構成の遠視野像を簡易に評価する手法を提案している。まず、単一の欠陥部を設けたフォトニック結晶の電磁場分布をFDTD法を用いて解析し、その結果を複数の欠陥部の空間分布に合わせて配置することでLEDの近視野像を生成する。そして、生成した近視野像をフーリエ変換することで波数ベクトル成分を計算し、遠視野像を評価している。また、この手法を用いて最適な欠陥部構造を設計し、高次の欠陥モードを抑制することで、単一の欠陥部を設けた構成に比べて、指向性が向上することを示している。(図17, 文献23)
複数の欠陥部が互いに及ぼす影響を考慮してフォトニック結晶の設

計を行った例は少なく、興味深い。また、フォトニック結晶の設計を電磁場解析で効率よく行っている点も興味深い。LEDの高出力化と指向性向上を同時に行う構成として、今後が期待される。

(池本 聖雄)



複数の欠陥部を設けたフォトニック結晶

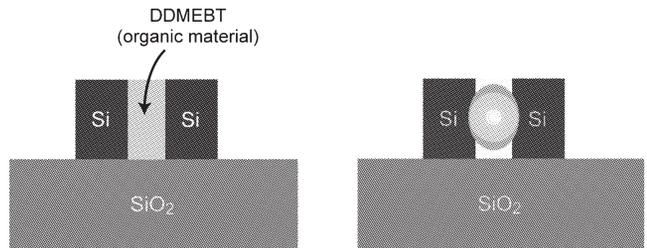
シリコン-有機ハイブリッド導波路を用いた全光高速信号処理

All-Optical High-Speed Signal Processing with Silicon-Organic Hybrid Slot Waveguides

[C. Koos, P. Vorreau, T. Vallaitis, P. Dumon, W. Bogaerts, R. Baets, B. Esembeson, I. Biaggio, T. Michinobu, F. Diederich, W. Freude and J. Leuthold: Nat. Photonics, 3, No. 4 (2009) 216-219]

シリコン・オン・インシュレーター技術を利用したシリコン光導波路は、低消費電力・低コスト・小型化などから、将来のフォトニック・ネットワークを担う光デバイスとして期待されている。ここ数年でシリコン光導波路の高い非線形効果を用いた光スイッチなどの光信号処理デバイスなどが提案されてきたが、非常に高いパワー密度領域では、シリコン特有の現象である二光子吸収 (TPA) による入力パワーの制限や、自由キャリアー吸収 (FCA) による遅い吸収緩和による速度制限など問題があった。本報告では、そのような問題を解消するために、スロット導波路を用いたシリコン・有機ハイブリッド導波路を提案している。スロット導波路とは、幅の狭い2つの導波路がある距離を置いて設置すると、その2つの導波路の間が光が通り抜ける導波路である(図)。著者らはここに有機材料を埋め込むことにより、 $\gamma = 1 \times 10^6 \text{W}^{-1} \text{km}^{-1}$ という非常に高い非線形定数をもつシリコン・有機ハイブリッド導波路を作製した。また、この導波路を用いて、わずか4mmの長さで170.8 Gb/sから42.7 Gb/sへの全光多重分離を行い、現状のシリコン細線導波路ではなしえなかった高速性と低パワー駆動を実証した。(図3, 文献30)

シリコン細線導波路の非線形効果を用いた光信号処理デバイスにおいては、さまざまな手法で二光子吸収や自由キャリアー吸収の効果を低減する研究が盛んに行われているが、40 Gb/sを超える光信号処理は困難である。本手法のようなそれぞれのメリットを補うような光デバイスには、将来のシリコンフォトンクス技術としての期待が高まるのではないかと見える。(須田 悟史)



左：シリコン-有機ハイブリッド導波路 (スロット導波路), 右：スロット導波路の光モードフィールド