

気になる論文コーナー

走査型トンネル顕微鏡を用いた近接場光学顕微鏡

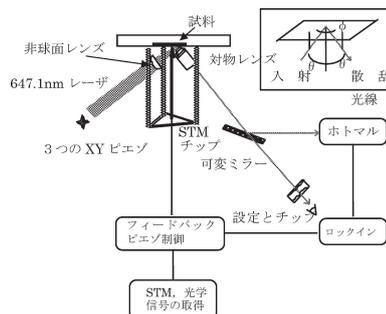
Near-Field Optical Microscopy with a Scanning Tunneling Microscope

[A. Barbara, T. Lopez-Rios and P. Quemerais: Rev. Sci. Instrum., 76, No. 2 (2005) 023704.1-023704.6]

本論文では、走査型トンネル顕微鏡 (STM) とレーザーを用いて、無開口近接場光学顕微鏡を製作している。この装置構成においては、光学像とトポグラフィ像が同時に取得されている。ここでは、その装置の技術的な詳細と特徴、さらには実際に得た波長以下の分解能および誘電コントラストに対する感度について述べている。STMを用いることにより、チップと試料間の非常に微小な距離の正確な制御が可能となり、この結果、チップと試料間に局所光学共鳴を励起することが容易となった。本実験装置では、実際にガラス基板上に蒸着させた金薄膜などを観測した結果、トポグラフィ像においては数 nm 程度の地形が得られた。また光学像においても、表面の反射の違いによるコントラストが取得されている。(図1, 文献3)

STM はトンネル電流をうまく利用し、非常に分解能の高い表面走査を可能としており、これまでもさまざまな分野で応用されてきた。今回の手法のように、従来の近接場光学顕微鏡で問題となるプローブ先端形状や、先端と試料表面との剪断力などに依存した光学像

(アーティファクト)などを解消するために、STMによるスキニングが非常に有効であることがわかる。(大久保進也)



走査型トンネル顕微鏡を用いた近接場光学顕微鏡システム

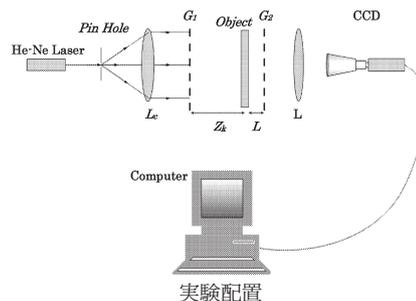
位相シフトタルボット干渉法を用いた透明体の表面形状測定

Surface Profiling of a Transparent Object by Use of Phase-Shifting Talbot Interferometry

[M. Thakur, C. J. Tay and C. Quan: Appl. Opt., 44, No. 13 (2005) 2541-2545]

本論文は、タルボット干渉法を用いた透明体の表面形状測定を報告している。回折格子 G_1 に照射された平行光は、 Z_1 で G_1 の自己像を形成する。このとき、透明体を G_1 の自己像面に配置し、 G_1 を透過した光を変調する。透明体を透過した光はさらに距離 L だけ離れた G_2 を透過し、透明体の表面形状に起因するゆがんだフリンジパターンが CCD カメラにより取り込まれる。リニア移動ステージに搭載された回折格子 G_2 を面内でシフトさせ、 $0, \pi/2, \pi$ の位相差を与えることにより、各位相差に対応した強度分布を元に位相分布を算出し、表面形状を求める。著者らは、150本/インチのピッチをもつ回折格子を用い、半径8mm、高さ0.34mmの球面形状を有する透明体の表面形状を測定した。機械的なスタイラス法による測定結果と比較した結果、平均ずれ量は1.4%、最大でも4%とよく一致しており、著者らは、タルボット干渉法は透明体の表面形状測定に有効であると主張している。本手法の制限はコヒーレントノイズの除去を必要とする点である。(図1, 文献15)

提案されているタルボット干渉法は、単純なコンポーネントにより実現可能であり、非接触、高速な測定を可能とする。また、一般的な干渉計の原器に対応する回折格子は、大量生産できるため、装置も安価になると考えられる。今後の製品化に期待したい。(佐伯 哲夫)



実験配置

集積化液体ズームレンズ

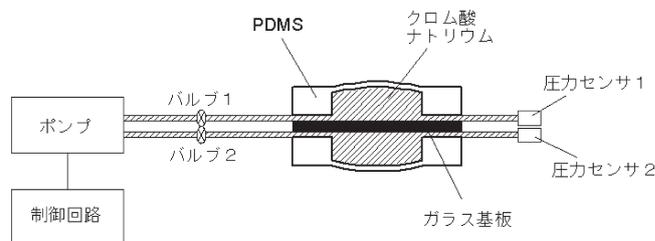
Integrated Fluidic Adaptive Zoom Lens

[D.-Y. Zhang, N. Justis and Y.-H. Lo: Opt. Lett., 29, No. 24 (2004) 2855-2857]

ズームレンズを構成する場合、駆動系等を用いてレンズ間の距離を変える方式が一般的である。これに対し著者らは、1枚のガラス基板の両面に焦点可変範囲をもつ液体レンズを配置し、ズームレンズを構成した。液体レンズは、厚さ $60 \mu\text{m}$ の薄膜と液体注入経路と高さ4mmのチャンバーを一体成形したポリジメチルシロキサン (PDMS) プレートに、 $150 \mu\text{m}$ 厚のガラス基板の両面にウェハーごと張り合わせ、ダイシング後にクロム酸ナトリウム (屈折率1.5) をチャンバーに注入して作製される。液体への圧力の変化によるPDMS薄膜の形状変形が、レンズの焦点距離を連続的に変化させる。また、両面の液体レンズを独立制御可能である。実験では、直径20mmのチャンバーを作製し、2倍のズーム比を実現している。(図5, 表1, 文献7)

PDMSプレートの成形に用いるモールドマスターは、リソグラフィで作製するため形状の小型化が容易である。著者らは、4倍以上のズーム比も実現可能と述べている。本手法は、構成をコンパクトに

でき、製法上コストメリットも大きいと考えられるため、今後の展開が期待される。(大村 陽一)



液体ズームレンズの構造

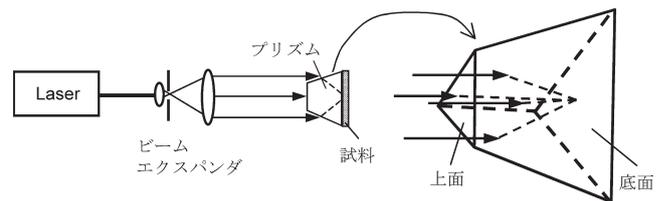
単一プリズムを用いたホログラフィック露光による二次元および三次元の大面積ポリマー製フォトニック結晶の作製

Fabrication of Large Area Two- and Three-Dimensional Polymer Photonic Crystals Using Single Refracting Prism Holographic Lithography

[L. Wu, Y. Zhong, C.-T. Chan, K.-S. Wong and G.-P. Wang: Appl. Phys. Lett., 86, No. 24 (2005) 241102]

フォトニック結晶が、さまざまな応用を目指して盛んに研究されている。これまでに三次元フォトニック結晶を作製する方法として、電子ビーム露光、自己組織化、多光子吸収による高分子化、干渉露光が検討されている。本論文は、単一プリズムにより光束を分離・合波して干渉露光を行い、フォトレジストに二次元および三次元の周期構造を作製している。露光光学系は、図のようにビームエキスパンダーとプリズムから構成される。プリズムは三角錐の上部を切り取った構造であり、4光束での干渉露光によって、三次元の面心立方格子構造を作製できる。また、上面を覆って3光束にすることで、二次元の六方晶構造を作製できる。厚さ $10\ \mu\text{m}$ のフォトレジスト膜に連続共振 Nd:YVO₄ レーザー光 (波長 $532\ \text{nm}$) を露光し、(111) 面内での周期が約 $0.9\ \mu\text{m}$ 、(111) 方向の周期が約 $4.0\ \mu\text{m}$ の面心立方格子構造を、約 $1\ \text{cm}^2$ の領域にわたって作製している。また、理論値と一致した波長 $2.5\ \mu\text{m}$ 付近に、周期構造に起因する反射ピークを確認している。(図4, 文献13)

非常に簡単な光学系で三次元構造が作製できており、興味深い。現状では周期が粗く、フォトニックバンドもほとんど開いていないが、今後の発展に期待したい。(金高 健二)



露光光学系とプリズム

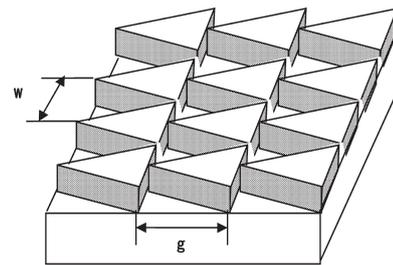
領域ごとに割り付けられた有効媒質構造、新規なグレーティングの設計

Area-Coded Effective Medium Structures, a New Type of Grating Design

[B. H. Kleemann, J. Ruoff and R. Arnold: Opt. Lett., 30, No. 13 (2005) 1617-1619]

微細加工技術の進展に伴い、可視光領域でも波長以下サイズの構造を有するデバイスが作製可能となってきた。著者らは、微細構造を領域ごとに割り付けて設計できる新規な回折格子を提案した。提案された構造は、図のように幅 w が波長以下、高さ g が数波長以上の二等辺三角形を並べたものである。従来提案されている一次元の有効屈折率構造と異なり、微小構造の方向と回折構造の方向が垂直であることが特徴である。Area-coded なので正弦波状や台形等の屈折率分布も比較的自由に設計可能である。提案された構造は、ガラス基板上に TiO₂ 等の高屈折率材料膜をパターニングして作製される。著者らは回折効率計算を実施し、最適な w の範囲や入射角度依存性について求めた。その結果、無偏光の入射光に対して入射角度 60 度の範囲で回折効率を 70% 以上有することが求められた。(図5, 文献10)

ない回折光学素子の実現に有効である。今回、実際の作製の報告はなかったが、今後は可視光領域での微細構造作製例が多く報告されると思われる。本提案も含めて、波長以下の構造の応用と実用化には注目したい。(金野 賢治)



提案された微細構造の模式図

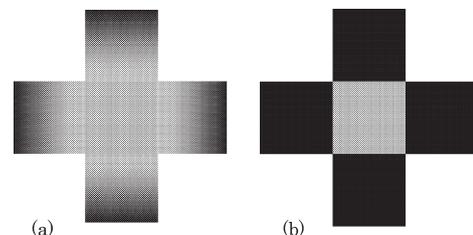
光源色の灰色と表面色の白色：光源色知覚における絵画的効果

Glowing Greys and Surface-White: The Photo-Geometric Factors of Luminosity Perception

[D. Zavango and G. Caputo: Perception, 34, No. 3 (2004) 261-274]

物体色モードか光源色モードか。人間は「色の見えのモード」を容易に判定する。しかし、面白いことに物理条件には必ずしも一致しない。反射物体である建築物のライトアップが光源色モードに、自発光している CRT が物体色モードに見えることがよい例である。輝度を上げてゆくと、あるところで物体色から光源色へとモードが切り替わる。この光源色閾値輝度は、白色表面として知覚される輝度よりも高いというのがこれまでの常識である。著者らは図 (b) の中央部分が白色表面に見える輝度 L_w と、図 (a) の中央部分が光源色に見える輝度 L_g を調整法により求めた。結果は、背景輝度や観察室の照度によらず、常に $L_g < L_w$ となり、光輝やグレアに似た輝度勾配には光源色閾値を下げる効果があり、白色よりも低輝度で光源色モードを実現できることを証明した。(図3, 表3, 文献31)

の明るさ感尺度として光源色閾値が使えなどの報告もあり、その応用的価値も見直されている。本論文は、その色モードが単純な輝度値や周囲とのコントラストだけでは決定されず、より認知的な影響を受けることを示した。それが面白くもあり、応用面での利用も大いに期待できる。(篠田 博之)



(a) (b) 実験に用いた刺激

色のモードは色覚メカニズムと密接に関係しているため、以前から視覚研究ではよく取り上げられるトピックである。最近では、高齢者と若齢者の色覚の相違がモードに依存することや、照度に代わる空間