

偏光コヒーレント反ストークスラマン散乱顕微鏡

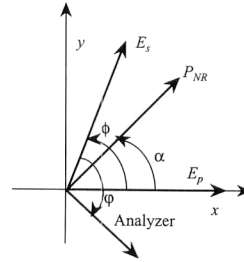
Polarization Coherent Anti-Stokes Raman Scattering Microscopy

[J.-X. Cheng, L. D. Book and X. S. Xie: Opt. Lett., 26, No. 17 (2001) 1341-1343]

コヒーレント反ストークスラマン散乱(CARS)分光を顕微鏡下で行うCARS顕微鏡は、染色せずに分子の三次元分布を観測する手法として最近注目を浴びている。CARSでは、入射するレーザー光(ポンプ光, ストークス光)の周波数差を走査することで信号スペクトルを得ることができるが、レーザー光の周波数差が分子振動の周波数と一致したときにピークとなる共鳴成分と、周波数差依存のない非共鳴成分(非共鳴バックグラウンド)が同時に現れる。このため、得られたスペクトルや画像には大きなオフセット成分が重畳するため、コントラストの低い点が問題となっていた。著者らは、偏光CARSを用いることで非共鳴バックグラウンド成分と共鳴成分と分離し、高コントラストな画像を得ることに成功した。x軸に平行に偏光したポンプ光に対して、ストークス光の偏光を ϕ 傾けて入射する。このとき、非共鳴バックグラウンド P_{NR} の偏光は α 方向となって放射されるが(図参照)、共鳴成分は分子振動の対称性によって、非共鳴バックグラウンドとは異なる方向に偏光するため、 P_{NR} に直交した検光子を配置することによって

共鳴成分のみを観測することが可能となる。(図4, 文献13)

バルクの試料に対する偏光CARS分光は1970ごろから行われてはいるが、本論文ではCARS顕微鏡、特に画像取得という点での有効性を初めて示した。比較的簡単かつ強力に画像のコントラストを増強できることを示しており、今後の発展が期待できる。(橋本 守)



ポンプ光, ストークス光, 非共鳴バックグラウンドの偏光と, 検光子の方向

空間ソリトンを用いたぼけ像の回復

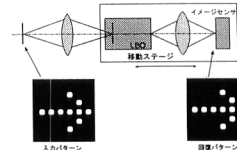
Reconstruction of Blurred Images by Controlled Formation of Spatial Solitons

[A. Bramati, W. Chinaglia, S. Minardi and P. D. Trapani: Opt. Lett., 26, No. 18 (2001) 1409-1411]

空間ソリトンとは、媒質に入射したビームによる導波路状屈折率分布の自己形成によって回折の影響を伴わないビーム伝搬が行われる現象である。本論文は、その回折のないビーム伝搬を利用して、焦点のずれによりぼけた像を回復する焦点深度の深いイメージングについて報告している。実験では、LBOの温度制御によるタイプI位相整合パラメトリック増幅を用いている。結晶に高強度なポンプ光(527nm)を入射すると、空間ソリトンが形成されるとともに、形成された導波路中を伝搬するアイドラ光(1.8 μ m)とシグナル光(0.75 μ m)が発生する。多数のドットで形成されるパターン(図中に示す矢印)で結晶前面からポンプ光を照射し、透過したポンプ光を結晶背面で観測すると、回折の影響の少ない出力像が観測された。ポンプ光の一部が形成された空間ソリトンと結合しなかったため、出力像には入射パターンの回折像が背景光として残った。これに対してシグナル光には回折による背景ノイズがないため、入射パターンと同等な出力像が観測された。次に、図のように結晶とイメージングシステムを同一ステージ上

で光軸方向に移動させた場合、鮮明な像を観測できる範囲は、通常焦点深度と比較して3.6倍になった。この値は、ポンプ光の強度や入射パターンのサイズ、結晶の大きさなどのパラメーターに大きく依存するが、空間ソリトンを用いることによって焦点深度の深いイメージングができることを示している。(図4, 文献10)

現在、空間ソリトン間の相互作用を用いた信号処理や純光学的光スイッチ等の応用に関する初歩的な研究がなされている。この空間ソリトンを用いると超高速なアドレッシングが可能であるため、光情報処理や光通信への応用が期待されている。(早崎 芳夫)



実験光学系

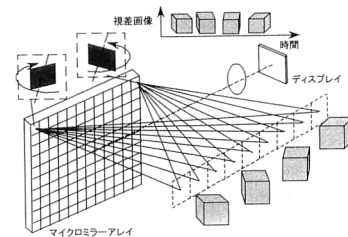
マイクロミラーアレイを用いた実時間フルカラー三次元ディスプレイ

Real-Time Full-Color Three-Dimensional Display with a Micromirror Array

[J. Yan, S. T. Kowel, H. J. Cho and C. H. Ahn: Opt. Lett., 26, No. 14 (2001) 1075-1077]

本論文では、マイクロミラーアレイを用いた新しい立体表示システムの設計・試作を行った結果が報告されている。本システムは、異なる方向から表示面を観察すると、その角度に対応した視差像が表示される多眼視差方式に基づいている。多眼式の実現例として、1画素をさらに細かい画素に分割し、その各画素に回折素子を配置して光の放射角度ごとに変調が可能な立体ディスプレイがある。しかし、カラー化や高解像度化を図ると、実現が困難なほど多くの画素数が必要であった。本論文では、各画素に1つのマイクロミラーを割り当て、ミラーの回転に合わせて視差画像を与えることで多眼化を実現した。視差画像は他のディスプレイにより順次表示され、マイクロミラーアレイ上に結像される。このときカラーディスプレイを用いれば、三次元画像のカラー化も可能である。実験的に、2視点から観察可能な200画素程度の立体像の形成に成功している。(図6, 文献9)

る。しかし近年急速に発展したマイクロマシン技術を立体ディスプレイに適用した初めての例として意義がある。また、従来の手法に比べて、より多数の視点の実現が今後期待できる。(宮崎 大介)



マイクロミラーアレイを用いた立体ディスプレイ。各観察領域に異なる視差画像を時系列的に与える。

集積化したマッハ・ツェンダー干渉器ゲートによる全光サンプリング

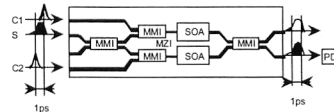
All-Optical Sampling with a Monolithically Integrated Mach-Zehnder Interferometer Gate

[S. Fischer, M. Bitter, M. Caraccia, M. Dülk, E. Gamper, W. Vogt, E. Gini and H. Melchior: Opt. Lett., 26, No. 9 (2001) 626-628]

超高速光現象の時間的観測限界は、通常の繰り返し現象を電氣的にサンプリングする方法では電気回路の制限により 10 ps オーダーであった。著者らは、図に示すようにマッハ・ツェンダー干渉器ゲート (MZI) の光路内に 500 μm 長の半導体増幅器 (SOA) をモノリシックに集積化し、ナノワットオーダーの低パワー光に対し時間分解能 1 ps、320 Gbit/s の光サンプリングを実証した。本構成によれば、50 fJ のコントロールパルスにより、SOA 内でキャリア・ブリーチングを引き起こして屈折率を変化させ、MZI における被測定光の出力ポートを切り替えることができる。したがって、先行のコントロールパルスにて検出器側に被測定光の出力ポートを切り替え、後続のコントロールパルスにて再び出力ポートの切り替えを行うと、その間のみ被測定光を切り出して検出を行うことが可能となる。性能としては、<1 ps の切り出しを行った際の消光比として 13 dB を得ており、入力光パワーに対する出力の線形性は 300 nW まで確保できていた。さらに、3.125 ps 間隔 (320 Gbit/s) の 2 個のパルスを分離検出することに成功している。

(図 5, 文献 8)

光通信分野で検討されている対称マッハ・ツェンダー型スイッチを光サンプリングに上手く適用している。さらなる応用・充実を期待したい。(柳生 栄治)



素子構造図. MMI: 多モード干渉器, SOA: 半導体増幅器, MZI: マッハ・ツェンダー干渉器, PD: フォトダイオード, S: 被測定光, C1, C2: コントロールパルス.

等方性および異方性のナノ波形表面をもつ光学高分子薄膜

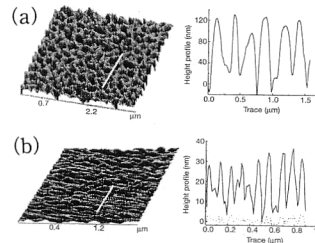
Optical Polymer Thin Films with Isotropic and Anisotropic Nano-Corrugated Surface Topologies

[M. Elhaj and M. Schadt: Nature, 410, No. 6830 (2001) 796-799]

コンピューターのモニター、車のダッシュボードなどからの反射は、表示の読みやすさを低下させる。このため減反射コートが広く使用されている。しかし、既存の減反射技術は不十分であったり、コスト高であったりする。本論文では従来の反射防止膜に代わる方法が示されている。この方法は、光で誘起される液晶の相分離を利用するものである。液晶プレポリマーと液晶モノマーの混合液を基板表面にコートし紫外光を照射すると、液晶プレポリマーのみが重合する。この重合過程で相分離が起きる。その後、液晶モノマーを取り除けば液晶ポリマー内にナノスケールの凹凸が形成できる。このようにして得られたポリマー膜はナノスケールの空孔により実効屈折率が下がり、減反射コートとして作用する。この膜は屈折率が深さ方向に徐々に変化する構造となるので、反射率はきわめて小さく 0.1% が実現できている。また波長域も広く、ガラスに両面コートすると、可視域の範囲(波長 400 ~ 700 nm) で高い透過率が得られている。またコート時に配向をすれば、異方性をもつ膜も作製できる。このようにして作製された遠方性

膜は、液晶ポリマーよりも大きな複屈折をもち、構造複屈折が生じていることが確認できた。凹凸構造の大きさや深さは、光のエネルギー、材料の混合比、膜厚などのパラメーターで制御できるので、マイクロメートルサイズの凹凸構造を作製すれば拡散板も作製できる。(文献 29, 図 5)

IT 技術の進展によりディスプレイの重要性が増す中、このような簡単な方法で高性能な減反射コートが実現できることは、注目に値する。減反射コートに限らず光学異方性を誘起するなどさまざまな応用も可能であり興味深い技術である。(山本 博昭) 作製した等方性 (a)、および異方性 (b) 液晶ポリマー膜の AFM 観察像と断面形状。



積層サブ波長回折格子型円偏光フィルター

Stacked Subwavelength Gratings as Circular Polarization Filters

[P. C. Deguzman and G. P. Nordin: Appl. Opt., 40, No. 31 (2001) 5731-5737]

フォトリソグラフィの研究進展に刺激され、サブ波長回折格子を利用したデバイス開発が再び活発になってきている。本論文はサブ波長回折格子の応用範囲を広げる技術としてサブ波長回折格子の積層技術の検討とその応用としての円偏光フィルターの試作結果を報告している。回折格子の積層技術は多様なデバイスを実現する上で重要な技術であるが、平坦化と回折格子の光学特性の両立が課題となり検討はあまり進んでいない。この報告では波長 3.5 ~ 5 μm の赤外光を対象として、ピッチ 1 μm の Si 回折格子とピッチ 0.5 μm の金属回折格子を積層形成した円偏光フィルターを提案試作している。素子構造は図に示す通りで 1/4 波長板として動作する Si 回折格子を異方性ドライエッチングで形成し、それをフォトリソで平坦化した後、Mo 膜を積層、エッチングし偏光子を形成している。偏光子と 1/4 波長板の格子方向は 45 度で交差しており、Si 側から入射した光は右回り円偏光は偏光子からみて TE 光に、左まわり円偏光は TM 偏光に変換される。偏光子は TM 偏光のみ透過させるので、結果として左回り偏光透過の

フィルターとして動作する。素子断面を SEM で観察したところ平坦化は良好に行われており、また、Si 製 1/4 波長板の位相特性が計算結果と非常に一致を示していることから光学的にも隙間なくフォトリソが充填されていることが確認できた。消光比は 10 ~ 45、挿入損失は約 30% である。(図 12, 表 1, 文献 21)

近年の微細加工技術の進展もサブ波長回折格子の応用研究活発化に大きく寄与している。本論文の円偏光フィルターは損失が大きい、平坦化にフォトリソを使用しているなど実用デバイスとしてはまだ改善すべき点が多い。しかし、このような回折格子の集積化手法の充実が新たな光デバイス提案に結びついていくものと思われる。(吉田 慎也)

