

気になる論文コーナー

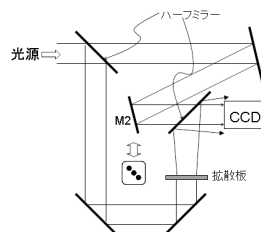
ランダム位相参照波を用いたシングルショット位相シフトデジタルホログラフィー

Single-Exposure Phase-Shifting Digital Holography Using a Random-Phase Reference Wave
[T. Nomura and M. Imbe: Opt. Lett., 35, No. 13 (2010) 2281-2283]

ホログラフィーの記録をする場合、平面波や球面波を参照波として利用するのが一般的であるが、著者らは拡散板を透過したランダムな波面を参照波として利用した記録方法を提案している。提案手法では微細な加工を必要とする素子や高い配置精度を要求しない。まず物体光としてのミラー(図ではM2)からの反射平面波と拡散板を透過したランダムな波面の干渉を CCD (charge coupled device) に記録し、編解析を行って記録面における参照波のランダムな位相分布を求める。その後、ミラーを記録したい物体(図ではサイコロ)に置き換えて、物体の散乱光と既知のランダム波面との干渉縞を CCD で記録すれば、物体からの散乱光の複素振幅分布を計算することができる。計算した散乱光の複素振幅をフレネル変換して、物体の像を再生する。著者らは実験により、以上の方法で物体の再生ができることを実証し

た。(図5, 文献17)

参照波として拡散板を透過したランダムな波面を使うという発想が、とても斬新で面白い。(鳥羽 英光)



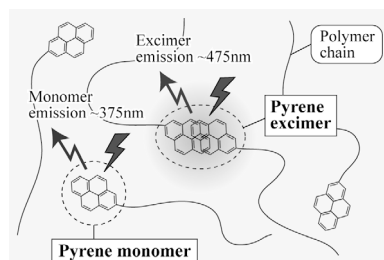
実験光学配置

ピレン標識ポリマーによる光誘起エキシマー形成を利用した高コントラスト蛍光記録

Photo-Induced Excimer Formation of Pyrene-Labeled Polymers for Optical Recording
[M.-C. Li, R.-M. Ho and Y.-D. Lee: J. Mater. Chem., 21 (2011) 2451-2454]

ピレン (Pyrene) は、単体 (モノマー) では波長約 375 nm の青色光を発する蛍光物質として知られており、その特徴的な性質として、光励起により 2 分子が会合したエキシマーを形成し波長約 475 nm の黄緑色光を発する点が挙げられる。一般にはピレン濃度に応じてモノマーとエキシマーの比率が決定され、両発光の明らかな波長差を利用したさまざまな応用が検討されている。一方で、同一試料中におけるモノマーとエキシマーの共存はピレン濃度の調整のみでは原理的に困難であり、特に光励起箇所とそれ以外の箇所との蛍光波長の差異を利用した光記録においては、コントラスト低下の要因となっている。本論文では、平面構造をもつピレン分子の一端に高分子ポリマー鎖を修飾することで試料中でのピレン分子の運動性を向上させ、比較的ピレン濃度が低い試料においても効率的にエキシマーを形成させる方策を提案している。検証実験の結果、懸案のコントラストの問題について、同じくピレンを用いた先行研究と比較して明快な向上が確認されている(図4, 文献19)

ポリマー鎖の修飾に伴う運動性の向上に関する定量的な評価は成されていないものの、ピレン分子の運動性を向上させることがエキシマーの形成効率の向上に直結し、さらにその効果を蛍光の変化として認識できるという一連の論理は興味深く、光記録のみならず他のさまざまな応用分野への積極的な活用が期待される。(堅 直也)



高分子ポリマー鎖を修飾したピレン分子の光誘起による会合

表面増強ラマン分光を用いた爆発物の検出

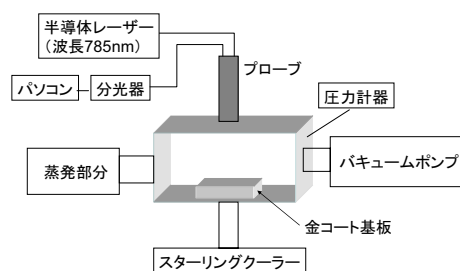
Detection of Explosives Based on Surface-Enhanced Raman Spectroscopy

[H. Wackerbarth, C. Salb, L. Gundrum, M. Niederkrüger, K. Christou, V. Beushausen and W. Viöl: Appl. Opt., 49, No. 23 (2010) 4362-4366]

トリアセトントリペルオキシド (TATP) は、強力な爆発物でありながら、合成が容易である点、無色の結晶である点などから、テロリストの爆弾に使用されることが増えている。一方、ニトロ基を含む化合物(代表例としてトリニトロトルエン, TNT)も爆発物としてよく用いられるが、一般的に多くのニトロ化合物を検出するデバイスは、TATP のような非ニトロ化合物の検出には不向きである。そこで、本論文では、表面増強ラマン分光 (SERS) を用いて高感度に爆発物を検出するデバイスを提案し、TATP および TNT を低温昇華させたときのラマンスペクトルを測定している。ラマンスペクトル測定には半導体レーザー (波長 785 nm) を用いている。また、SERS デバイスとして、周期的な格子状のナノ構造をもった市販の金コート基板を用いている。TATP もしくは TNT をチャンバー内で昇華させた気体を冷却した金コート基板に流し、基板に吸着・再昇華した試料のラマンスペクトルを測定している。その結果、TATP および TNT の SERS スペクトルを検出することができ、各ピークバンドの帰属も行っている。また、バルク状態のラマンバンドの波数と比較してシフトしている部分も観測されている。さらに、金コート基板の温度を変化させたときの TATP の SERS スペクトル測定も行っており、270 K から 200 K まで冷

却することにより、SERS 信号が増大することを示している。(図7, 表1, 文献20)

本論文は、高感度分析手法として注目されている SERS 測定の爆発物検出への応用に向けた研究であり、微量な試料で安全に検査する手法としても興味深い。今後、装置の小型化や大気中の成分分析が可能となれば、現場でのその場測定や爆弾の早期発見などの実用化につながるものと期待される。(鈴木 基嗣)



検出装置の概略図

アモルファスシリコン光導波路によるパラメトリック光増幅

On-Chip Parametric Amplification with 26.5 dB Gain at Telecommunication Wavelengths Using CMOS-Compatible Hydrogenated Amorphous Silicon Waveguides

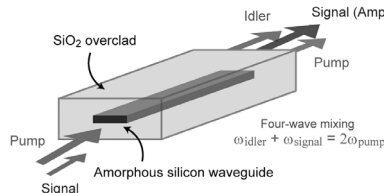
[B. Kuyken, S. Clemmen, S. K. Selvaraja, W. Bogaerts, D. V. Thourhout, P. Emplit, S. Massar, G. Roelkens and R. Baets: Opt. Lett., 36, No. 4 (2011) 552-554]

シリコン・オン・インシュレーター (SOI) 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。また、シリコンによる光増幅器の開発は、シリコンフォトニクス集積回路の成功に不可欠である。しかしながら、シリコン光導波路では二光子吸収とよばれる現象が存在し、非常に高いピークパワーを入れると、同時に吸収も大きくなってしまいう問題があった。本論文では、従来の結晶シリコンではなく、アモルファスシリコンを用いた光導波路によって大きな利得を出すことに成功している。これはアモルファスシリコンのバンドギャップが結晶シリコンとは異なるため、通信波長帯では二光子吸収の影響がかなり小さく抑えられることによる。光増幅の原理は、四光波混合という信号光が励起光より光エネルギーを受け、信号光が増幅する非線形光学 (光パラメトリック) プロセスを用いる。オン/オフ利得 (ポンプ光をオンにしたときとオフにしたときの信号光の増幅率) は+26.5 dB を記録し、これは従来報告

された結晶シリコン光導波路での+5.2 dB を大きく上回っている。(図2, 文献17)

光増幅器をシリコン上での光集積回路に組み込めるようになれば大きな前進となるが、現状では高ピークパワーによる素子へのダメージおよびアモルファスシリコン特有の劣化などの課題が残る。また、現状では超短パルスを用いた低い繰り返し周波数での実験結果であるが、通信用の伝送速度 (10 Gb/s 以上) で大きな利得を出せれば実用化への道は開けるであろう。今後の研究結果に期待したい。

(須田 悟史)



アモルファスシリコン光導波路の四光波混合 (パラメトリック過程) を用いた光増幅器

アンチモン化ガリウムナノピラーの *in situ* ミュラー行列計測：局所配列の異方性の観察

Real-Time *in situ* Mueller Matrix Ellipsometry of GaSb Nanopillars: Observation of Anisotropic Local Alignment

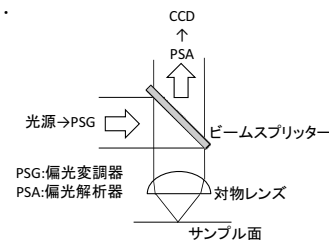
[I. S. Nerby, S. Le Roy, M. Foldyna, E. Søndergard and M. Kildemo: Opt. Express, 19, No. 13 (2011) 12551-12561]

ナノ構造をもつ表面のリアルタイム観察において、エリプソメトリーは有効な手法である。著者らは、角度および方位の異なる入射光での測定を同時に実現する角度分解型のミュラー行列測定系 (図は先行研究より) を用い、基板上的ピラー形成過程におけるピラー配列の異方性を検知した。GaSb 基板に Ar イオンをスパッタリングし、ピラーの高さが 300 nm に成長する約 10 分間、5 秒ごとに基板表面のミュラー行列計測を行った。この結果から著者らは、高さが 100 nm 以下のピラー配列面では一軸異方性の有効媒質近似が最適であるが、200 nm 以上に成長するとイオンビームのわずかな傾きによってピラーの配列が方向性を持ち、基板平面内で異方性が生じるとし、配列方位の偏光解消度から二軸異方性モデルを定義している。上記の二軸モデルと計測結果から得られたピラーの配列方位は、ピラー形成後の SEM 観察像の配列方位との比較から一致していることを確認し、モ

デルと計測の有効性を示している。(図7, 文献29)

狭い測定面積ながら、角度・方位の異なる入射光条件での測定が同時にできることは、産業利用にとって魅力である。形状や光学特性に応じた最適なモデルを用いることで、本計測法の広い応用が期待される。

(海老澤瑞枝)



角度分解型のミュラー行列測定系

屈折率分布の定量測定による生体ガン細胞を識別するための全視野光コヒーレンス顕微鏡

Full-Field Optical Coherence Microscopy for Identifying Live Cancer Cells By Quantitative Measurement of Refractive Index Distribution

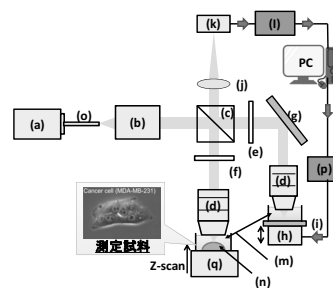
[W. J. Choi, D. I. Jeon, S.-G. Ahn, J.-H. Yoon, S. Kim and B. H. Lee: Opt. Exp., 18, No. 22 (2010) 23285-23295]

高分解能全視野光学コヒーレンス顕微鏡 (full-field optical coherence microscopy; FF-OCM) は横方向への走査が必要なく、物理的な厚みと細胞による位相変化量を同時に計測することで屈折率分布を計測できる。このシステムでは、図に示す通り、高分解能を実現させるためのスペクトル幅の広いハロゲン光源と、高 NA (1.0) の水浸対物レンズを使用している。100 nm 高精度リニアステージより細胞を 0.6 μm ステップで Z 軸方向に動かし、ピエゾ素子を正弦振動させ、参照アームの光路長を変化させる。そして CCD をその周期の 4 分の 1 以上で動作させ、干渉光強度を検出する。CCD で連続して記録された 4 つの干渉光強度のデータから 1 枚の断面画像を作成し、それを積み重ね、補正することで厚みマップを作成する。続いて、培養皿上面で記録された連続した 4 つの干渉光強度より、計算から位相マップを取得する。これら 2 つのマップからピクセルごとの物理的な厚みと位相変化量を求め、その結果から細胞の屈折率分布を抽出する。実現された FF-OCM システムは 0.8 μm の分解能をもち、システムの位相測定感度はおよそ 124 mrad だった。このシステムを用いて通常の細胞とが

ん細胞の屈折率マップを作成し、がん細胞は通常の細胞よりも高い屈折率をもつことが示された。(図5, 表1, 文献32)

FF-OCM を用いたアプローチはがん診断や動的細胞分析の発展に大きく貢献する可能性を有しており、今後の研究成果が期待される。

(渡邊恵理子)



FF-OCM システムの図式 (a) 光源: 100 W ハロゲンランプ、中心波長 $\lambda = 630$ nm, $\Delta\lambda = 220$ nm, (b) ビームシェーパー、(c) ビームスプリッター、(d) 対物レンズ (NA 1.0), (e) ND フィルター、(f) ガラスプレート、(g) アルミミラー、(h) ピエゾ素子、(i) 参照ミラー、(j) レンズ、(k) CCD カメラ、(l) NI PCI-1428, 12 bit 画像入力ボード