

気になる論文コーナー

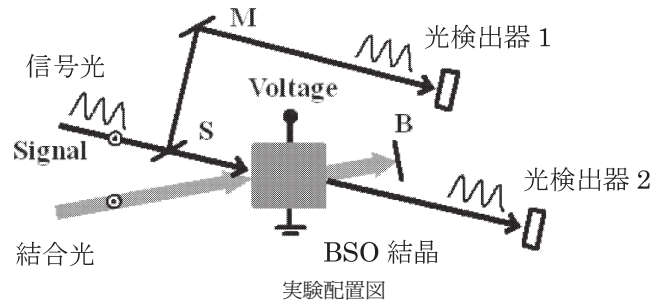
フォトリラクティブ $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ 結晶における超光速および超低速伝搬間の遷移

Transition between Superluminal and Subluminal Light Propagation in Photorefractive $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ Crystals
 [F. Bo, G. Zhang and J. Xu: Opt. Express, 13, No. 20 (2005) 8198-8203]

本論文では、フォトリラクティブ結晶中での非縮退二光波混合により、負の群速度を実現して超光速の光の伝搬を実現している。実験ではフォトリラクティブ BSO 結晶を用いている。信号波は EO 変調器によって周期 30 ms で正弦波状に変調され、その一部は半透鏡 S によって分けられ検出器 1 によって検出される。BSO 結晶を通過してきた信号波は検出器 2 によって検出され、検出器 1 の信号を参照して結晶を透過する際の時間遅れを測定する。結合波は CW であり、ピエゾ素子につけた鏡を鋸波電圧によって駆動することで信号波に対し角振動数 Ω だけ周波数をシフトさせている。群速度は、結合波の周波数、入射光強度、外部電圧を変化させることにより正にも負にもすることができ、正の場合は超低速伝搬、負の場合は超光速伝搬となる。 $\Omega/2\pi=20$ Hz のとき、18.8 ms の時間遅れが観測され、これは群速度 3.2 m/s に対応する。 $\Omega/2\pi=8$ Hz のとき、-1.0 ms だけ時間の進みが観測され、これは群速度 -5.7 m/s に対応する。(図 5, 文献 29)

利用されてきたが、分散特性を利用した応用として新しい。ただし信号光が正弦波以外では波形が崩れるなどの制約がある。

(岡村 秀樹)



フォトリラクティブ二光波混合による光強度変調は従来から広く

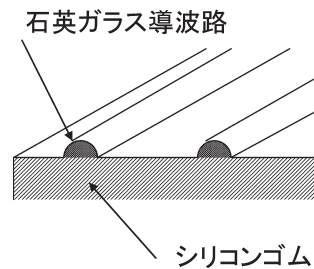
フッ素レーザー (157 nm) を用いたシリコンゴム上への石英導波路の書き込み

157 nm F2-Laser Writing of Silica Optical Waveguides in Silicone Rubber
 [M. Okoshi, J. Li and P. R. Herman: Opt. Lett., 30, No. 20 (2005) 2730-2732]

本論文では、シリコンゴムの改質を利用してシリコンゴム上に石英ガラスの導波路構造を作成することについて報告されている。導波路の基板がシリコンゴムであるため、ガラス基板の導波路と異なり柔軟性や耐衝撃性の優れた光回路や光センサーなどのデバイスなどが考えられる。炭素を含むポリマーの導波路と異なり熱的、化学的に安定であり、1.3 μm 帯で高透過率の特性を示すことが期待される。導波路の作成には波長 157 nm のフッ素レーザーが用いられる。マスクを介し、フッ素レーザー光をシリコンゴムに照射させ改質を行う。シリコンゴムから石英ガラスへの改質は酸素を介した反応によって起こる。 $(\text{SiO}(\text{CH}_3)_2)_n + \text{O}_2 + h\nu (157 \text{ nm}) \rightarrow n\text{SiO}_2 + 2n(\text{CH}_3)$

光照射のみで導波路作成が可能であり、柔軟性に優れた新しい導波路として興味深い。導波路端の加工技術とさらなる透過率の向上によって、センサーや光回路などの応用分野がさらに開けるものと思われる。今後の展開に期待したい。

(桑山 哲朗)



シリコンゴム上の石英ガラス導波路の概念図

本論文ではフルエンスや繰り返し周波数などの条件を変えてクラックのない導波路の作成に成功している。作成された導波路の損失は基板となるシリコンゴムの特性が非常に大きく影響している。用いるシリコンゴムを選択することにより、損失を波長 1550 nm で <1.5 dB/cm が得られている。(図 5, 文献 23)

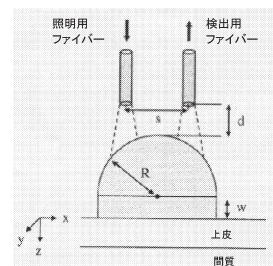
上皮前癌状態診断用の反射分光法：上皮と間質からの分光情報を分離する光ファイバースコープ設計のモデルに基づく解析

Reflectance Spectroscopy for Diagnosis of Epithelial Precancer: Model-Based Analysis of Fiber-Optic Probe Designs to Resolve Spectral Information from Epithelium and Stroma
 [D. Arifler, R. A. Schwarz, S. K. Chang and R. Richard-Kortum: Appl. Opt., 44, No. 20 (2005) 4291-4305]

早期の前癌状態の検出に反射分光を用いる方法があり、光ファイバースコープと組み合わせられることが多い。生体表面は薄い上皮と間質の二層構造として表すことができるが、それらは異なった光学的特性をもち、異形成の進展に伴う変化も異なっている。したがって、診断学上、両者の信号を区別することが重要になる。本論文では深さ方向の選択性向上を念頭においた①先端を斜め研磨した照明用および検出用ファイバースコープを傾けて配置する、②照明用と検出用ファイバースコープを半球レンズに対称に配置する、の 2 種類の光ファイバースコープの構成について、モンテカルロ法によるシミュレーションを実施した。比較のために行ったファイバースコープを垂直に配置する構成のシミュレーション結果に比べて、構成①および②では深さ方向の選択性に明らかな向上がみられた。それらの結果から、上皮と間質層の情報を分離するために最適なプローブ構成として、半球レンズと間隔が異なる 2 種類のファイバースコープ対を組み合わせた構成を提案している。ファイバースコープ対が狭いファイバースコープ対から間質の情報が得られ、広いファイバースコープ対から上皮の

情報が得られる。(図 10, 表 7, 文献 45)

生体の深さ方向の分解能を有する測定法として、各種の測定手法が提案されている。本論文は、他の手法に比べて簡潔な構成によってその実現を図っており、今後の研究の進展が期待される。(上原 靖弘)



半球レンズを用いた光ファイバースコープの構成

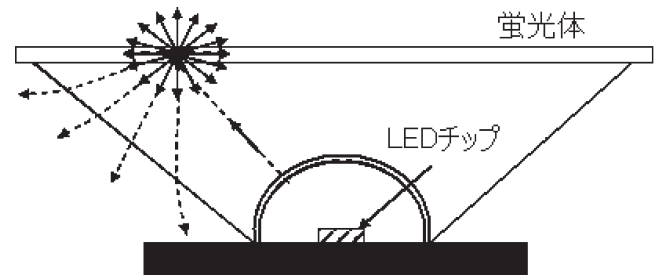
白色 LED の発光効率を改善するための蛍光体散乱フォトンの抽出

Extracting Phosphor-Scattered Photons to Improve White LED Efficiency

[N. Narendran, Y. Gu, J. P. Freyssinier-Nova and Y. Zhu: Phys. Stat. Sol. (a), 202, No. 6 (2005) R60-R62]

白色 LED は GaN 系 LED の青色光により YAG 蛍光体を励起し、その黄色光と青色光を混ぜ合わせることで白色光を生成するものが主流となっている。現時点では全光量、発光効率ともに一般照明向けには不十分であり、さらなる改善が必要である。このため形状や材料といった複数の方向性で改善が試みられている。著者らは、蛍光体をシート状にして LED チップから離すことによって、効率の大幅な改善ができると主張している。まず積分球を使った測定により、蛍光体から出る光の約 60% が後方に反射されることが示されている。この反射光の大部分は典型的な市販品では吸収されてしまうことになる。そこで反射光を取り出すことができる SPE パッケージと呼ぶ構成が提案されている。実際にその性能を測定したところ、全光束と発光効率がそれぞれ 90 lm, 36.3 lm/W となっており、これは市販品の 56.5 lm, 22.6 lm/W を 61% 上回っていることが示されている。また他の市販品と比較しても 30~60% の改善が示されたとしている。(図 5, 文献 19)

一般照明応用で主流となる構成候補のひとつであると考えられる。しかし真に効率のよい照明光とするには、周辺の光学系を含めた工夫が必要となるであろう。(森野 剛志)



Scatterd Photon Extraction (SPE) パッケージ

3.9 グラムの可搬型二光子蛍光顕微内視鏡による脳の *in vivo* 画像化

In Vivo Brain Imaging Using a Portable 3.9 gram Two-Photon Fluorescence Microendoscope

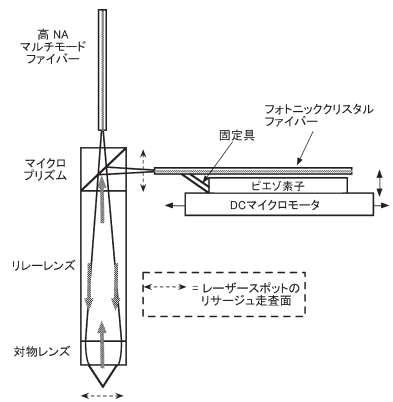
[B. A. Flusberg, J. C. Jung, E. D. Cocker, E. P. Anderson and M. J. Schnitzer: Opt. Lett., 30, No. 17 (2005) 2272-2274]

蛍光顕微鏡は、従来の顕微鏡と比較して、生体のより深部の画像化を可能にする。特に、二光子顕微鏡は、光散乱を伴うような部位内からでも断面画像を得ることができる。本論文では、3.9 g の小型二光子蛍光顕微内視鏡ヘッドの開発について報告している。この顕微内視鏡では、フォトニッククリスタルファイバー (PCF) を使い、短パルスレーザー光の自己位相変調を生じさせずに走査ヘッド中の GRIN レンズプロープに導いている。また、ピエゾ素子を PCF に固定し、GRIN レンズプロープ入射時に PCF の先端をリサージュ図形のように振動させ、二次元の走査画像を得ている。PCF 透過後、パルス幅のわずかな広がり確認されたが、三次の分散は従来のシングルモードファイバーと比較して 10~20 倍程度小さくなっている。また、直径 100 nm の蛍光ビーズを評価に用いた顕微内視鏡の分解能は横方向 $1.21 \pm 0.04 \mu\text{m}$ 、光軸方向 $9.8 \pm 0.5 \mu\text{m}$ という結果を得ている。(図 4, 文献 15)

小型のヘッドを PCF により光源と接続することで、利便性や可搬性をもたせた実用化に近い研究である。しかも、短パルスレーザーか

らの 100~150 fs のパルス幅を保った計測が可能であることは非常に興味深い。今後の医用光学や生物学への応用に期待したい。

(広川 勝久)



走査ヘッドの概念図

インプリントリソグラフィーによる光ピックアップユニット用広帯域波長板

Achromatic Wave Plates for Optical Pickup Units Fabricated by Use of Imprint Lithography

[X. Deng, F. Liu, J. J. Wang, P. F. Sciortino, Jr., L. Chen and X. Liu: Opt. Lett., 30, No. 19 (2005) 2614-2616]

現在、CD、DVD 等、世代の異なる光ディスクを読み書きするために、複数の波長に対応した光ピックアップユニットが普及している。これらの光ピックアップユニットでは、光ディスクの複屈折による信号レベルの変動の影響を抑制するため 1/4 波長板が用いられ、円偏光の光を光ディスクに照射して記録再生が行われる。本論文では、これらの複数波長に対応した光ピックアップユニット用の広帯域の構造的複屈折波長板について報告している。本波長板は、ガラス基板上に形成されたパuffer 層と、 $\text{SiN}_x/\text{SiO}_2/\text{SiO}_2$ の 3 層からなるグレーティングとグレーティングをキャップするオーバーコート層で構成されている。グレーティングを 3 層構造とすることにより、単層と比較して、グレーティングパラメーターに対する感度を緩和でき、製造公差を拡大できると著者らは主張している。著者らは RCWA (rigorous coupled wave analysis) 法を用いて、ガラス材料と複屈折構造の分散が厳密にバランスするように設計し、紫外線硬化樹脂を用いたナノインプリントリソグラフィーにより本波長板を試作し、波長 640~800

nm の領域において、リタレーションが $90 \pm 3^\circ$ 、透過率 95% 以上という結果を得ている。(図 4, 表 1, 文献 18)

構造的複屈折を用いたデバイスは、その製造公差の厳しさなどの点からなかなか実用化には至っておらず、本波長板においても真空プロセスが必要な点を考慮すると、異方性結晶や延伸フィルムに対してコスト的な優位性を保つことは困難と考えられる。しかしながら、本波長板においては、インプリントリソグラフィーを用いてパターンニングできるため、一部の光のみの偏光を制御するといった新しい用途に展開できる可能性を秘めている。今後の応用展開に期待したい。

(佐伯 哲夫)