

負の屈折率をもつ三次元光メタマテリアル

Three-Dimensional Optical Metamaterial with a Negative Refractive Index

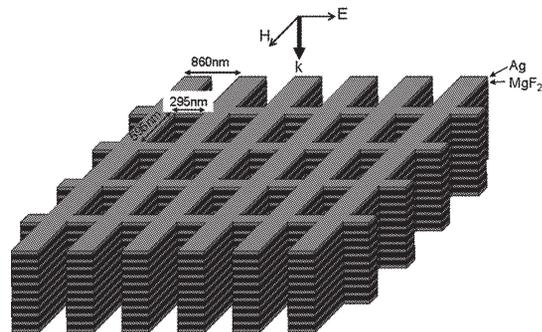
[J. Valentine, S. Zhang, T. Zentgraf, E. Ulin-Avila, D. A. Genov, G. Bartal and X. Zhang: Nature, 455, No. 7211 (2008) 376-379]

メタマテリアルは、自然界の材料では実現が不可能な負の屈折率などの特性をもつ人工構造体であり、回折限界のない完全レンズや透明マントなどの応用が可能であるため、活発に研究されている。最近、初めて負屈折率をもつ三次元光メタマテリアルが報告された。著者らは、電子ビーム蒸着法により 30 nm 厚さの金属層と 50 nm 厚さの誘電体層を交互に 21 層積層した構造を、集束イオンビームにより三角形断面をもつプリズム形状に加工し、さらに約 300×600 nm の矩形孔を正方配列周期 860 nm で加工することでカスケード網目構造を作製した。作製したプリズムに集光した近赤外ビームを入射し、ビームの偏向角から屈折率を求めた。波長 1200 nm においては屈折率 0.63 が得られ、波長 1475 nm においてはゼロ屈折率が得られた。また、波長 1775 nm において負屈折率 -1.23 かつ性能指数 3.5 が得られ損失が少ないことを示しており、これらの実験値は数値計算結果とよい一致を示した。(図 5, 文献 30)

今まで可視光や近赤外領域では薄い層構造のみであったメタマテリアルを三次元プリズム形状に拡張し、スネルの法則に基づく負屈折率

を直接測定していることが興味深い。今後は、このバルクメタマテリアルを用いたさまざまな光学デバイスの実現が期待される。

(水谷 彰夫)



作製したカスケード網目構造の模式図

InGaN マルチファセット量子井戸から構成される発光色可変 LED

Emission Color Tunable Light-Emitting Diodes Composed of InGaN Multifacet Quantum Wells

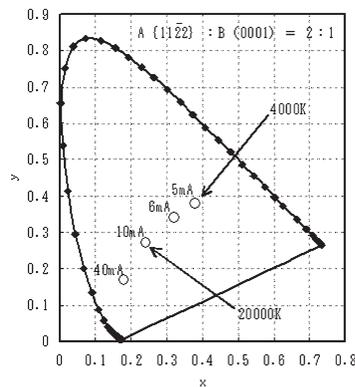
[M. Funato, K. Hayashi, M. Ueda, Y. Kawakami, Y. Narukawa and T. Mukai: Appl. Phys. Lett., 93, No. 2 (2008) 021126]

LED (light-emitting diode: 発光ダイオード) は原理的にバンドギャップで決まる単一波長の発光が基本であり、多色発光 (白色光) を得るためには蛍光体等が必要である。そのため、近年は単チップのみでの多色発光 LED の研究が注目を集めている。本論文では、InGaN マルチファセット量子井戸構造による発光強度一定で発光色可変の LED を試作している。マルチファセット構造とは、InGaN 量子井戸を形成する GaN の面方位により In 組成比が変化することで多色発光が可能な LED 構成である。試作 LED では、発光色可変を実現するために {1122} 面と (0001) 面の 2 種類のファセットの構成比を 2:1 とし、電流値によりそれぞれのファセットからの発光強度が変化すること (発光色制御)、パルス駆動時のピーク電流値とパルス幅の制御により全体の光強度が調整可能であること、の 2 つの特性を利用している。結果、色温度 4000 K から 20000 K までの広い範囲の白色発光を連続的に得ることに成功している。(図 4, 文献 14)

発光色可変の光源は従来では困難であったことであり、照明の応用範囲が広がる技術として興味深い。現状では効率、発光色制御等に課

題を抱えていると考えられるが、LED の新たな可能性を示す技術であり、今後の開発の進捗に期待したい。

(栗本 英治)



注入電流値 (パルス駆動) に対する発光色の色度変化 (CIE 表色系)

ダブルクラッドファイバーを使った光コヒーレンストモグラフィーと蛍光分光の複合システム

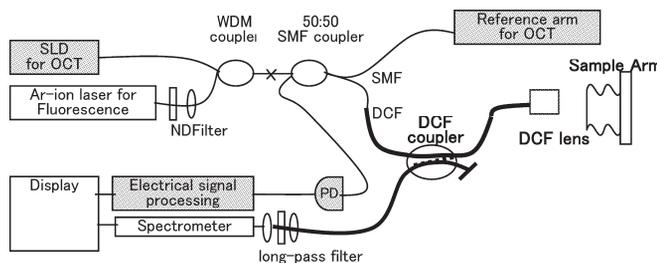
Combined System of Optical Coherence Tomography and Fluorescence Spectroscopy Based on Double-Cladding Fiber

[S. Y. Ryu, H. Y. Choi, J. Na, E. S. Choi and B. H. Lee: Opt. Lett., 33, No. 20 (2008) 2347-2349]

光コヒーレンストモグラフィー (OCT) や蛍光分光 (FS) などの光イメージング技術は、医用工学の分野では有用な手法である。近年、これらを複合する研究もなされており、著者らは特殊なダブルクラッドファイバー (DCF) を使い、OCT と FS をファイバーで結合した複合システムを構築した。従来のシステムは方式ごとに複数プローブを用いていたが、本システムは DCF カップラーとレンズを使って、コアから OCT の信号を、内側のクラッドから FS の信号を分離して取り出せるため、OCT と FS で 1 つのプローブを共有して同時にサンプルからの信号を取得することを可能にした。(図 3, 文献 13)

OCT などは非侵襲で *in vivo* のデータを取ることができると、医用工学において活発な研究が行われており、著者らが述べたような複合システムを含めた応用展開が期待される。

(佐野恵美子)



OCT-FS 複合システムの構成

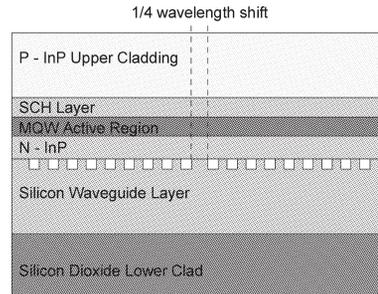
分布帰還型シリコンエバネセントレーザ

A Distributed Feedback Silicon Evanescent Laser

[A. W. Fang, E. Lively, Y.-H. Kuo, D. Liang and J. E. Bowers: Opt. Express, 16, No. 7 (2008) 4413-4419]

近年、シリコン光導波路を用いた低コストな大規模光集積回路の実現に向けて、化合物半導体基板をシリコンウェハ上にハイブリッド集積したレーザの研究が行われているが、その構造上電流注入動作の実現が困難であった。本論文では、量子井戸導波路基板をシリコン光導波路上に接合して作製され、電流注入動作が可能な分布帰還型(DFB)シリコンエバネセントレーザが報告されている。DFBグレーティングを光モード分布のピークに近い接合面付近に形成することで、容易に大きな結合係数が得られる。周期 238 nm の 1/4 波長シフト DFB グレーティングを形成したりブ型シリコン光導波路に、活性層となる AlGaInAs 量子井戸を含む半導体基板を低温ウェハボンディング技術により接合し、n 側コンタクトをシリコン上に形成してレーザを作製した。このレーザを連続駆動して発振特性を測定したところ、ステージ温度 10°C のとき、閾値電流は 25 mA、最大出力は 5.4 mW であり、50°C までレーザ発振が確認できた。また、発振波長は約 1600 nm で、サイドモード抑圧比 50 dB、線幅 3.6 MHz と市販の DFB レーザと同等の特性が得られた。(図 7, 文献 11)

本論文では通常の DFB レーザと同等のスペクトル純度をもつ DFB シリコンエバネセントレーザを実現した。このレーザをアレイ化し高速変調器と低損失合波器を集積することで、低コスト WDM 通信システムの実現が期待できる。(上向井正裕)



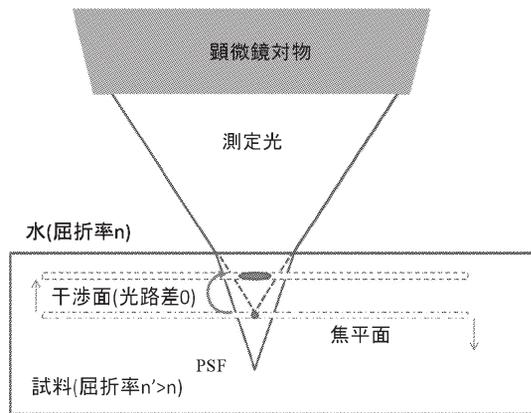
分布帰還型シリコンエバネセントレーザの概略図

全視野光コヒーレンストモグラフィーにおけるデフォーカス調査と補正

Defocus Test and Defocus Correction in Full-Field Optical Coherence Tomography

[S. Labiau, G. David, S. Gigan and A. C. Boccara: Opt. Lett., 34, No. 10 (2009) 1576-1578]

近年、光コヒーレンストモグラフィー(OCT)は生体組織中を視覚化する手法として注目されている。中でも、全視野OCT(FF-OCT: full-field OCT)は、高NAの顕微鏡を使ったときの光軸方向の解像度が高いことを特徴とする。しかし、FF-OCTは、図のように試料の屈折率と水の屈折率の差からくる干渉面(光路差ゼロの面)と焦平面のずれのために画像がぼけてしまう問題をもっている。著者らは、このずれをさまざまな種類の試料を測定して調査し、定式化することに成功した。この式を使ってボケ画像修復を行い、光路差ゼロの位置の正確な光量を求めて鮮鋭な画像を得ることに成功した。さらに、屈折率にそれほど差がなくても試料が高散乱性の場合に同様の焦平面のずれが起こるが、これについてもある程度補正できることを確認している。(図3, 文献10)



試料の屈折率による干渉面と焦平面の変化

FF-OCTの原理的な問題を、画像修復技術の応用で解決したことは興味深い。このことで、以前では困難だった高散乱性の試料でも高品質な画像が得られるようになった。今後の動向に注目したい。

(山下 敏行)

組織性状診断のためのラマン分光と光コヒーレンストモグラフィーの融合

Combined Raman Spectroscopy and Optical Coherence Tomography Device for Tissue Characterization

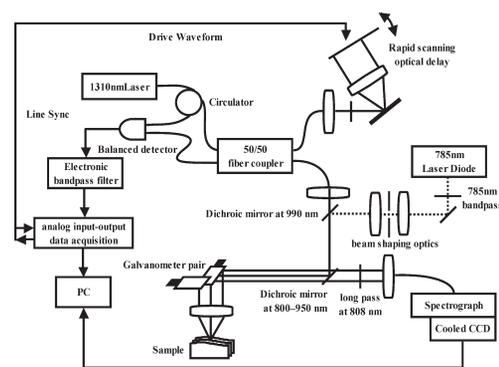
[C. A. Patil, N. Bosschaart, M. D. Keller, T. G. van Leeuwen and A. Mahadevan-Jansen: Opt. Lett., 33, No. 10 (2008) 1135-1137]

光コヒーレンストモグラフィー(OCT)は、組織の内部構造をリアルタイムで断層像として得る手法として、眼底検査や内視鏡観察への応用展開が研究されてきた。近年では分光手法を組み合わせて生化学情報を付加する試みも行われつつあり、著者らは生体分子の特異性識別が高いラマン分光(RS)を適用したRS-OCTを提案している。

となり得る。報告者が知る限り、OCTとラマン分光とを組み合わせた事例は初めてであり、ラマン収集のスループットが改善されれば、

提案方式は、最初のダイクロミラー(DM1)でOCT照射光とラマン照射光の光軸を合わせるとともに、2番目のダイクロミラー(DM2)によりサンプルへの照射およびサンプルからのラマンストークスバンド光の分離を行っている(図参照)。なお、システムのスペクトル分解能は  $7.7 \text{ cm}^{-1}$  であり、OCTの画像取得速度は1フレーム/秒である。また、このRS-OCTシステムを摘出された乳房組織検査や指にできた瘡蓋の *in vivo* 観察に使い、OCTでは差異がみられない局所的な組織の相違を識別することができたと報告している。(図4, 文献11)

内視鏡と組み合わせた消化器系腫瘍の診断への応用が期待される。(小田 一郎)



測定システム構成

疾病の早期診断には形態情報と機能情報とを融合した計測が不可欠であり、ラマン分光は分子構造を反映した信号抽出として強力な手法