

表面プラズモン波の干渉を用いたナノリソグラフィー

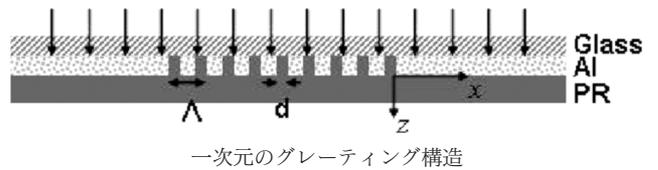
Surface plasmon interference nanolithography

[Z.-W. Liu, Q.-H. Wei and X. Zhang: Nano Lett., 5, No. 5 (2005) 957-961]

ナノメートルサイズの形状を作製するには、フォトリソグラフィーによってワーキング波長を減少させるか、ナノインプリングリソグラフィーのような新たなパターン転写技術を採用することが必要である。しかし、ワーキング波長を減らすためには、超紫外線や軟X線のような高い光子エネルギーの光源を利用しなければならず、装置・プロセスの複雑性やコストが増大する。本論文では、これらに代わる手段として、表面プラズモンを応用した新しいナノインプリントリソグラフィー法 (SPIN: surface plasmon interference nanolithography) を提案している。このSPINは、グレーティングが自由空間光を表面プラズモン波に変換し、グレーティングエリアの外側を伝搬する波が互いに交わるとき干渉パターンが形成されることを利用して、ナノパターン作製に応用される。著者らは、一次元のグレーティング、2つの並列なグレーティング、互いに直交する一次元のグレーティングの3つの構造の計算機シミュレーションを市販のソフトウェア (CST Microwave Studio, MWS) を用いて行った。その結果、SPIN

が光の回折限界を大きく上回る均一なパターンを作製するのに優位であることを証明した。(図5, 文献24)

本論文では、計算機シミュレーションによってSPINの優位性を示したのみである。今後はこの技術を用いて、実際にさまざまな形状のナノパターンを作製して、実証してほしい。今後の動向に注目したい。
(松下 智彦)



一次元のグレーティング構造

自然界の照明光変化に対する反対色応答の安定性

Stability of the color-opponent signals under changes of illuminant in natural scenes

[P. G. Lovell, D. J. Tolhurst, C. A. Párraga, R. Baddeley, U. Leonards, J. Troscianko and T. Troscianko: J. Opt. Soc. Am. A, 22, No. 10 (2005) 2060-2071]

時間的・空間的に変化する自然光照明下の、視覚系の反対色応答について検討した論文である。英国とウガンダ共和国の森林における分光放射輝度計測と、デジタルカメラ撮影画像の解析から、人間視覚系の輝度、赤緑、黄青チャネルの3つの反対色応答値を計算し、一日の照明光変動や影の影響、さらに果実の検出能力を分析した。一日の中で照明光は時間とともに変化する。それに伴って、黄青反対色応答値も大きく変動する。また影の有無にも影響される。一方、赤緑反対色応答値は照明光の変化と影の有無に対して安定しており、眼への入射光から照明光成分と物体表面での反射率成分を分離するのに役立つ。色恒常性への寄与が示された。また、緑に囲まれた果実の検出能力の評価には、果実領域と背景領域の反対色応答値分布の距離を示す d' 値を算出した。予想通り、赤緑チャネルの d' は、輝度や黄青チャネルの d' に比べて大きく、果実の検出には赤緑チャネルが有効であることが示された。さらに、黄青チャネルの d' は照明光の一日の変化や影の有無によって変動するが、赤緑反対色応答の d' は照明光や影

によらず、安定して大きな値をとり、いかなる状況でも検出能力が高いことが示された。同様に鳥類 (ムクドリ) の赤緑反対色応答を検討し、人間の赤緑反対色応答に比べて照明光変化や影の影響を受けやすく、また果実の検出能力の指標 d' も低いことを見いだした。これはムクドリのL錐体とM錐体の分光感度が分離していることが原因である。逆にいえば、人間のL錐体とM錐体の分光感度のピーク波長が近く、分光感度の重なりが大きいことが、照明変化や影の影響によらず、果実の高い検出能力を維持している要因といえる。(図8, 文献51)

よく知られているように、明度知覚における恒常性 (照明光成分と物体表面の反射率成分の分離) メカニズムだけを考えると、三次元空間認識を含む高度な情報処理が必要になる。ところが本論文は、色知覚全体に拡張すると、比較的低レベルの反対色応答において照明光の分離が可能であることを示しており、非常に興味深い。

(篠田 博之)

薬物送達のためのレーザーアブレーションによる微小球加速

Laser-ablation-assisted microparticle acceleration for drug delivery

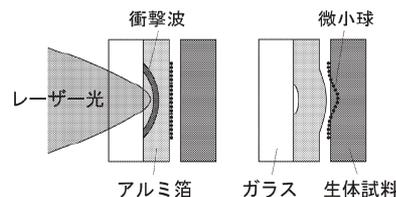
[V. Menezes, K. Takayama, T. Ohki and J. Gopalan: Appl. Phys. Lett., 87 (2005) 163504]

注射針を必要としない局在化した薬物送達は、高濃度の薬物を低侵襲かつ生体組織に直接注入でき、遺伝子治療や薬理的処置の有力な手法のひとつとして近年注目されている。本論文では、パルスレーザー光を金属箔に局所照射することで衝撃波を発生させ、衝撃波で加速された微小球を生体組織の表層に注入する基礎研究を検討している。厚さ5mmのガラス板に厚さ100μmのアルミ箔を密着させ、そのアルミ箔の上に直径1.0μmのタングステン微小球を薄く塗布したプローブを試作した。そのプローブに波長1064nm、パルス強度1.4J/pulse、パルス幅5.5nmのNd:YAGレーザーをガラス側から取束照射させ、0.25GWの光エネルギーでアルミ箔を局部的にイオン化膨張させて衝撃波を発生させる。微小球は初速5782m/sまで加速され、ラットの肝臓の表層から50μm以上の位置にまで浸透する実験結果を得た。浸透部位は取束光の照射位置に局在化されており、生体組織への損傷は最小限に抑えられた。人間の皮膚の場合、微小球の浸透深さラットの肝臓の場合と比べて33%ほどに低下するが、角質層の厚み

は16μmより薄いので、表皮内部へ微小球を浸透させることが可能である。(図5, 文献8)

本手法では数100μm程度の浸透が可能であることを理論的にも示しており、対象試料の大きさや領域を制限することで十分な薬物送達法として期待できる。また、薬物送達に限らず、工学分野における物質の局所加工などといった応用も期待でき、今後の展開が興味深い。

(日坂 真樹)



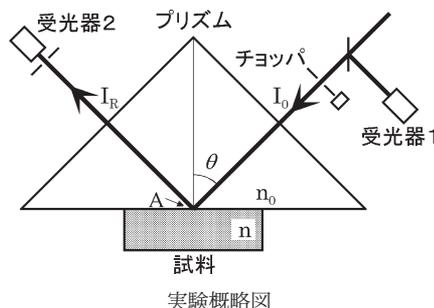
レーザー光照射によって発生した衝撃波による薬物送達

325 から 1557 nm の 8 つの波長でのブタの皮膚組織とイントラリピッドの屈折率の決定

Determination of refractive indices of porcine skin tissues and intralipid at eight wavelengths between 325 and 1557 nm [H. Ding, J. Q. Lu, K. M. Jacobs and X.-H. Hu: J. Opt. Soc. Am. A, 22, No. 6 (2005) 1151-1157]

生体組織の屈折率を測定する方法は、これまでいくつか提案されている。生体組織の場合、散乱があるために、屈折率を正確に測定することは難しい。著者らは、反射率の入射角度依存の測定から、より正確に測定する方法を提案している。この方法は厚さの測定をする必要がなく、生体組織の前処理も簡単で済むことから、さまざまな生体組織の屈折率測定に適用することができる。測定には高屈折率の直角二等辺ガラスプリズムを用い、底面に試料を密着させる。プリズムと試料の境界面への入射角による反射率の変化から曲線を得て、フレネルの公式を用いて、フィッティングより複素屈折率の実数部と虚数部それぞれを求める。試料はブタの表皮と真皮を用いて、波長 325, 442, 532, 633, 850, 1064, 1310, 1557 nm で行った。皮膚のデータと比較するために、イントラリピッド水溶液の複素屈折率の濃度依存および波長依存を測定して、測定精度の検討を行った。(図9, 文献20)

組織を測定しているが、ヒトの肌などをそのまま簡単に測定できることが考えられ、今後の発展に期待したい。(似内 映之)

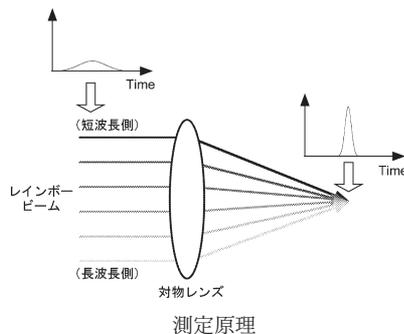


フェムト秒パルス光の空間的・時間的同時フォーカシング

Simultaneous spatial and temporal focusing of femtosecond pulses [G. Zhu, J. van Howe, M. Durst, W. Zipfel and C. Xu: Opt. Express, 13, No. 6 (2005) 2153-2159]

多光子顕微鏡は、優れた生体浸透性からさまざまな生体組織観察への応用が期待されているが、その最大測定深度は散乱により 1 mm 以下に制限されている。散乱は焦点近傍に達する信号光を微弱にするため、入射レーザー光の増大によりその信号損失を補償する手法が有効のように思われるが、その場合には焦点以外からの背景光がさらに増大する。その結果、最大測定深度は信号光と背景光の比 (SBR) によって実質的に制限される。著者らは、レーザー光の空間的および時間的な同時フォーカシングにより、SBR を改善する手法を提案している。提案手法では、回折格子と円筒レンズを用いて各波長成分を空間的に分離させかつチャープ・フリーな「レインボー・ビーム」を生成し、これを対物レンズで集光することにより、焦点でパルス幅を最短化する一方で、焦点外ではパルス幅を急激に伸長させている。その結果、背景光の発生のみが効果的に抑制され、SBR による測定深度の制限を緩和することができる。(図4, 文献9)

実現している点が興味深い。本手法はサンプルへのダメージ軽減や高速深さ分解イメージングに対しても有効であり、高い拡張性を有していると思われる。(安井 武史)



多光子顕微鏡の測定深度向上を単純な時空間パルス整形法によって

1.8-V 駆動・10-Gb/s 完全集積型 CMOS 受光回路アナログフロントエンド

A 1.8-V 10-Gb/s fully integrated CMOS optical receiver analog front-end [W.-Z. Chen, Y.-L. Cheng and D.-S. Lin: IEEE J. Solid-State Circuits, 40, No. 6 (2005) 1388-1396]

シリコン CMOS プロセスの微細化にともなって、MOS トランジスタの動作周波数は上がり続けている。バイポーラトランジスタの独壇場であった RF (radio frequency) 帯や Gb/s を超える光通信 IC のシリコン CMOS 化が進んでいる。本論文では、0.18 μm CMOS プロセスを用いて、10 Gb/s の光信号を受信するアナログフロントエンド (光信号をデジタル化して出力する回路) を初めて実現を示している。集積回路では、トランジスタや抵抗などに寄生容量が付随する。高周波ではこれらが増幅回路の利得を低下させるため、帯域が狭くなる。そこで、誘導的ピーキングを用い、回路の負荷抵抗と直列にインダクターを挿入し、高周波での利得低下を補い、増幅回路の帯域を広げている。オンチップのインダクターは大面積を必要とするため、コストの面で不利である。著者らは、三次元対称トランス構造により、差動増幅回路の 2 つの負荷インダクターを折り畳んでシリコン基板に対して垂直方向に積層し、小面積化を実現している。面積 1028 μm × 1796 μm の IC を試作し、実験から、出力差動振幅 400 mV_{p-p}、

総合変換利得 87 dBΩ、遮断周波数 7.6 GHz、受信光強度 -12 dBm 時にビットエラーレート 10⁻¹²、消費電力 210 mW を得ている。(図14, 文献13)

高周波回路の CMOS 化は、低コスト化だけでなく、周辺デジタル処理回路と集積するシステムオンチップ化の観点からも重要である。CMOS 化の進展により、高速光通信技術を民生機器に広く採用できる日が近づいている。(香川景一郎)

