

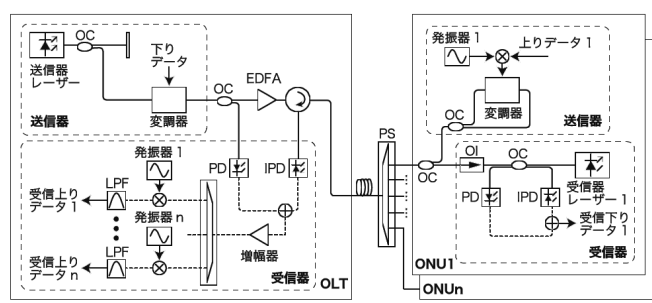
気になる論文コーナー

カオス同期によるセキュアパッシブ光ネットワーク

Secure Passive Optical Network Based on Chaos Synchronization  
[N. Jiang, C. Zhang and K. Qiu: Opt. Lett., 37, No. 21 (2012) 4501-4503]

パッシブ光ネットワーク (PON) においては、物理層における安全性の確保が重要である。安全な通信搬送波として、半導体レーザーを用いて生成されたカオス信号の利用が期待されている。本稿では、通信搬送波として光カオス信号を用いることで、物理層における安全性を高めた PON 方式を提案している。事業者側光回線終端装置 (OLT) の送信器において、外部共振器半導体レーザーを使用しカオス搬送波を発生させる。下り送信データをのせたカオス搬送波は2つに分けられ、片方は加入者側光回線終端装置 (ONU) にブロードキャストされ、もう一方は上り受信データの復号に用いられる。各 ONU において、下りカオス搬送波の一部は受信器レーザーに注入され、カオス同期により元のカオス搬送波を生成する。注入されたカオス搬送波との差分をとることで、受信データの復号が可能である。一方、残りの下りカオス搬送波は、上りカオス搬送波として再利用される。本稿では、数値計算により提案方式の実現可能性を示している。さらに、下り上り通信ともに安全性の高い方式であることを示している。(図4, 文献13)

1対多での光通信において、下り通信に使用したカオス搬送波を上り通信で再利用することで、カオス同期による秘匿通信を実現している点が興味深い。今後の実験による検証が期待される。(生源寺 類)



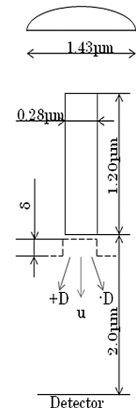
物理層における安全性を高めた PON 方式

高画素密度画像センサー用高効率カラースプリッター

Efficient Colour Splitters for High-Pixel-Density Image Sensors  
[S. Nishiwaki, T. Nakamura, M. Hiramoto, T. Fujii and M. Suzuki: Nat. Photonics, 7, No. 3 (2013) 240-246]

CCD などの画像センサーにおいて、画素サイズが光の波長レベルまで小さくなると、1画素へのフォトン入射数が減少し、信号レベルが低下する。現状の画像センサーの多くはカラーフィルターを利用して色分離を行っているが、吸収を利用しているため、入射フォンの多くをロスしてしまう。このため、センサーの画素サイズの微細化に伴い、フォンの吸収を抑えた高効率フィルタリング法が非常に重要になってくる。著者らは、撮像素子の各画素に組み込まれた、周囲の材料 (SiO<sub>2</sub>) よりも屈折率が高い透明媒質 (SiN) によって構成されたプレート状の微細構造体を用いて、カラーフィルターを用いずに色を分離する新しい方法を提案し、シミュレーションおよび実験を通して、高効率低ノイズカラー画像が生成可能であることを示している。実測において、RGB 各カラーチャネルに対する信号の全積算値の総和と比較した場合、本手法の総和はベイヤー配列による従来型のカラーフィルター法の1.85倍に達し、かつ分解能はほぼ同じレベルに保たれていることが示された。(図6, 文献28)

手法は撮像素子の高感度化の一手法として興味深い方式である。(山本 亮)



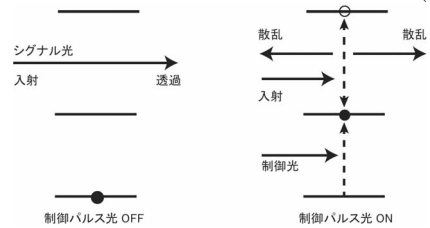
カラースプリッター構造。図中の  $\delta$  が  $\pi$  の整数倍のとき入射光は偏向されず (図中 u), 奇数倍のとき偏向される (図中土 D)。

単一光子レベルでの超高速全光スイッチング

Ultrafast All-Optical Switching by Single Photons  
[T. Volz, A. Reinhard, M. Winger, A. Badolato, K. J. Hennessy, E. L. Hu and A. Imamoglu: Nat. Photonics, 6, No. 9 (2012) 605-609]

単一光子レベルで動作する新しい量子デバイス技術を実現するためには、固体を用いた二光子間の高速な光学的非線形性が不可欠である。本論文は、フォトリソグラフィを用いた微小共振器に単一量子ドットを結合させた系をもとにして、超高速な単一光子全光スイッチを実現した。共振器と単一量子ドットが結合した系は非調和的な三準位系となるが、3つの準位のうち、エネルギーが高いほうの2つの準位間との共鳴的な相互作用に起因するシグナルパルス光の散乱が、制御パルス光の入射によって誘導的に起こることを利用している。さらに、単一光子レベルの光では相互作用が非常に小さくなる問題は、微小共振器の中に光と物質を閉じ込めることで解決している。結果として、制御パルス光の入射の有無によってシグナルパルス光が散乱または透過することを応用し、スイッチング時間 50 ps 程度で動作する単一光子レベルでの全光スイッチを実現した。(図4, 文献32)

性が発現しにくい。したがって、共振器と量子ドットなどすべてに固体材料を用いた系による二光子非線形性を実現した本論文は、将来的にデバイスとして応用することを考えたとき、非常に意義があると考えられる。(石川 陽)



単一光子全光スイッチングのメカニズム。制御光によってシグナル光は誘導的に吸収散乱される

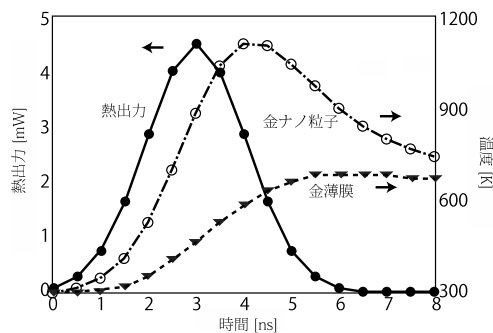
## プラズモンナノ構造におけるナノ秒光熱変換効果

Nanosecond Photothermal Effects in Plasmonic Nanostructures  
[X. Chen, Y. Chen, M. Yan and M. Qiu: ACS Nano, 6, No. 3 (2012) 2550-2557]

光熱変換効果とは、物質に吸収された光エネルギーが熱エネルギーに変換される効果である。これまでに、物性の温度特性を利用して、光駆動アクチュエーター、微細加工や超解像顕微鏡観察法が提案されている。しかしながら、熱的な性質を利用しているため放熱に時間を要するので、応答速度が遅いという問題があった。著者らは、プラズモンナノ構造における光熱変換効果を、非定常熱伝導モデルを導入し理論的に検証している。具体的には、金、アルミおよびBK7により構成されたプラズモンナノ構造に、ナノ秒パルスレーザーを照射した際の過渡温度変化を検討している。解析結果によると、10 ns以下の熱応答を示し、また、図に示すように各材料ごとに温度が変化することがわかった。さらに、プラズモンナノ構造にレーザーを照射することで、金ナノ粒子の再形成実験を行っている。その結果、ナノ粒子のサイズに関して、理論値と実験値がよい一致を示した。(図4, 表2, 文献30)

ナノスケールのサイズ効果により応答速度が速くなるだけでなく、プラズモンナノ構造と組み合わせることによる光熱変換効果の高効率化が興味深い。光熱変換効果をより微細な領域で制御利用できるこ

とが示され、今後の計測技術や制御技術への応用発展が期待される。(水谷 康弘)



プラズモンナノ構造の熱応答の計算結果

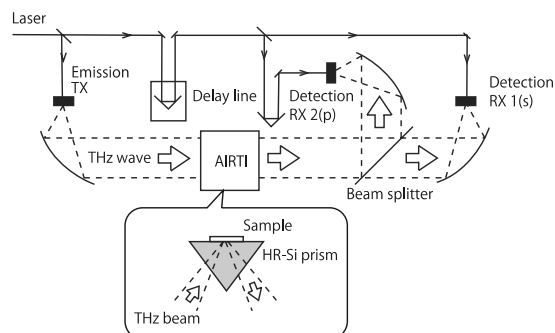
## 減衰内部反射法に基づくテラヘルツイメージング

Attenuated Internal Reflection Terahertz Imaging  
[A. Wojdyla and G. Gallot: Opt. Lett., 38, No. 2 (2013) 112-114]

テラヘルツ波 (0.1~10 THz の電磁波) 帯には物質固有のさまざまな指紋スペクトルが存在することから、テラヘルツイメージングシステムは分析化学や生物物理分野における基礎分析ツールとしての利用が期待されている。これまでの透過型あるいは反射型システムは、大きな吸収率、あるいは小さな反射率をもつ液体サンプルの解析を不得意としていた。本論文では、減衰内部反射法に基づくテラヘルツ波イメージング (attenuated internal reflection THz imaging: AIRTI) の手法を提案している。検出の原理はスペクトル位相の直交偏光間差分である。高抵抗 Si プリズムとサンプルとの界面で生じるエバネセント波に基づいたセンシング手法のため、大きな吸収を示すサンプルのイメージングに有効である。横方向分解能は 1.22 mm で、これはレイリー基準よりも 20% 大きい。また、縦方向分解能はおおよそ 20  $\mu\text{m}$  で、これは  $\lambda/16$  に相当する。本手法によりカエルの坐骨神経のイメージングに成功している。(図4, 文献17)

リファレンスを要せずシングルスキャンでイメージングが完了するメリットを生かし、リアルタイム化への発展が望まれる。さらなる高

分解能化にも期待したい。(久武信太郎)



AIRTI: Attenuated internal reflection THz imaging.

減衰内部反射法に基づくテラヘルツ波イメージング実験系

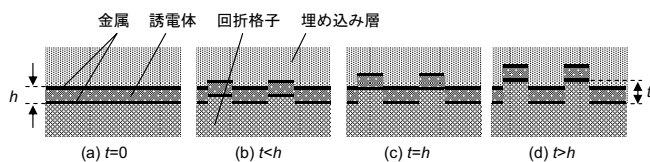
## 金属—誘電体—金属をコートした回折格子による反射型カラーイメージ

Reflective Colored Image Based on Metal-Dielectric-Metal-Coated Gratings  
[H. Lochbihler: Opt. Lett., 38, No. 9 (2013) 1398-1400]

ナノ構造を使った発色技術は、色素にない色が得られ、退色が起きにくいことから、注目されている。本論文では、サブ波長の周期の回折格子の上に金属—誘電体—金属 (MDM) を積層した構成において、特徴的な反射スペクトルを確認した。回折格子の高さ  $t$  がゼロの場合は金属層間距離が面内で一定になる (図 a) のに対し、高さ  $t$  を変えると、金属層が高さ方向に複数の位置に存在する構成 (図 b~d) となる。回折格子の周期はサブ波長であり回折光は発生しないため、これら複数位置の金属層はあたかも面内に共振器長の異なるファブリ・ペロー共振器が複数存在するような機能を発現する。実験では、周期 330 nm、高さ  $t = 20, 120, 230, 280$  nm の回折格子に Al (15 nm)/SiO<sub>2</sub> (170 nm)/Al (15 nm) を製膜した構成において、反射スペクトルの中心波長がそれぞれ 500, 452, 566, 613 nm と変化することを確認した。回折格子は、微細加工したものを金型としナノインプリントを行うことで、低コストで複製することも可能である。(図5, 文

献17)

このような量産性の高い工法で作製したナノ構造による発色の制御技術は、退色が問題となる環境における色素に変わる発色技術として期待できる。(稲田 安寿)



MDM コートした回折格子の断面図