

### 導波モード共鳴現象の分散特性を利用した波長板

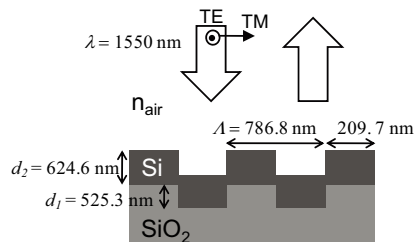
Guided-Mode Resonant Wave Plates

[R. Magnusson, M. Shokooch-Saremi and E. G. Johnson: Opt. Lett., 35, No. 14 (2010) 2472-2474]

本論文は、導波モード共鳴格子の分散関係を用いた新しい原理に基づく波長板を提案するものである。導波モード共鳴格子とは、反射型狭帯域波長フィルタとしてよく知られており、物質の濃度変化に基づく屈折率センサーやレーザーのキャビティーミラーなどへの応用が期待されている。共鳴反射が起こるときの位相の急激な変化を波長板の位相差として利用するものであり、従来の水晶や構造複屈折性波長板の透過型とは異なり、反射型となる。また、構造複屈折性を用いた波長板は、所望の位相差を得るには、原理上高いアスペクト構造が必要であるが、共鳴格子では原理が異なるため、コンパクトな素子や入射角度にあまり依存しない素子が実現できる可能性がある。基本構造は、図のような石英ガラスの格子にシリコンを成膜した構造で、格子高さ、シリコン厚さ、周期、線幅を最適設計することで、1550 nm を中心とした 50 nm 帯域の二分の一波長板を設計している。両偏光の反射率はともに 100% である。設計には、粒子群最適化 (PSO) を組み合わせた厳密結合波解析 (RCWA) を用いている。作製誤差に対する検討も行っており、シリコン厚さの変化には両偏光とも位相差  $\pi$  のまま敏感に波長シフトを起こし、線幅変化には鈍感であることを確かめて

いる。また、酸化ハフニウムを加えたさらに複雑な構造により、100 nm 帯域の二分の一波長板と 20 nm 帯域の四分の一波長板を設計している。(図4, 文献15)

本論文は、共鳴格子の新しい応用への提案であり、今後は、入射角度に対する特性の調査と、実際に素子を試作した上での実験による検証が期待される。(水谷 彰夫)



提案する導波モード共鳴格子による二分の一波長板の模式図

### 二層金属ナノペタル構造を用いた 1000 倍の蛍光増強

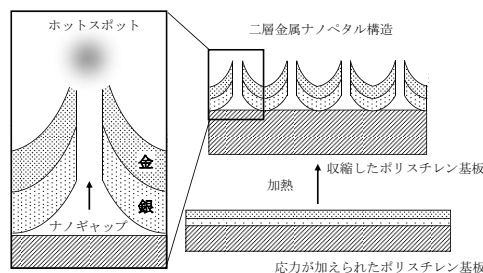
Bimetallic Nanopetals for Thousand-Fold Fluorescence Enhancements

[C. C. Fu, G. Ossato, M. Long, M. A. Digman, A. Gopinathan, L. P. Lee, E. Gratton and M. Khine: Appl. Phys. Lett., 97, No. 20 (2010) 203101]

金属微細構造を用いた表面プラズモン共鳴による蛍光増強技術に、近年注目が集まっている。これまでも 1000 倍を超える蛍光増強が報告されているが、従来の構造は高い精度の微細加工が必要であり、生物医学分野への応用を妨げてきた。本論文において著者らは、従来法と比較して簡便な方法で、新規なナノペタル (nanopetals) 構造とよばれる鋸歯状の鋭いエッジをもった金属微細構造を作製した。ナノペタル構造は、ポリスチレンの形状記憶ポリマー基板の上に銀と金の二層の薄膜を形成し、これを加熱して基板を収縮させ、当該金属薄膜にしわを寄らせることで作製される。これに蛍光試料液を滴下し、二光子励起顕微鏡により二次元の蛍光分布を測定したところ、エッジにおいて強い蛍光が検出され、その蛍光強度はその他の場所と比較して 1000 倍大きくなっていることがわかった。さらに、エッジにおける蛍光寿命はガラス基板のときのものと比較して著しく短くなっているこ

とから、エッジに局在した表面プラズモン共鳴により蛍光が増強されたものと結論づけている。(図3, 文献17)

本論文によるナノペタル構造は市販の形状記憶ポリマー基板を用いて安価に作製することができる。今後、生物医学分野への実用に向けた研究が期待される。(田中 優紀)



二層金属ナノペタル構造の概略図

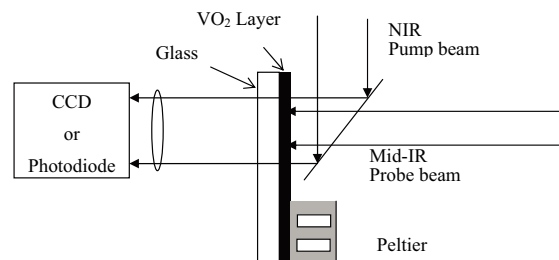
### 熱的誘導された二酸化バナジウムの光スイッチによる中赤外から近赤外への画像変換

Mid-IR to Near-IR Image Conversion by Thermally Induced Optical Switching in Vanadium Dioxide

[S. Bonora, U. Bortolozzo, S. Residori, R. Balu and P. V. Ashrit: Opt. Lett., 35, No. 2 (2010) 103-105]

著者らは中赤外レーザー (ポンプビーム) を二酸化バナジウムの薄膜に照射し、中赤外レーザーの強度分布を近赤外レーザー (プローブビーム) の画像として取り出す技術を開発した。図に実験系を示す。二酸化バナジウムの透過率分布はサンプルの温度分布に依存し、温度分布はポンプビームの照射強度により決まる。したがって、中赤外レーザーの強度分布を近赤外レーザーに反映させることができる。本論文では、1940 nm (ツリウムドープファイバーレーザー) と 10.6  $\mu\text{m}$  (炭酸ガスレーザー) を、安価なシリコン検出器で検知可能な近赤外の 850 nm と 1064 nm に変換し、CCD カメラを用いて画像を検出した。分解能は 35  $\mu\text{m}$  であり、プローブビームのスペックルノイズによって制限されている。また、二酸化バナジウムの透過率、すなわち変換効率は温度とともに上昇するため、ペルチエで加熱している。62°C で最も高くなり、その温度での最低検知光量は 144  $\text{mW}/\text{cm}^2$  (ツリウムレーザー値) であった。(図4, 文献9)

出器は高価であり、ほとんどが冷却必須である。本技術では中赤外光を安価かつ冷却不要なシリコン検出器で検出できるため、実用化が望まれる。(佐野恵美子)



開発した画像変換光学系の構成

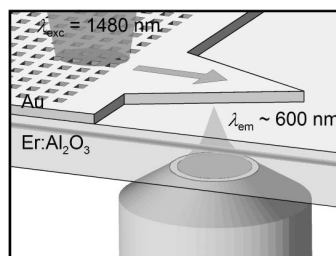
### 横テーパ型プラズモニック導波路によるナノフォーカシング

Nanofocusing in Laterally Tapered Plasmonic Waveguides

[E. Verhagen, A. Polman and L. Kuipers: Opt. Express, 16, No.1 (2008) 45-57]

光を金属・誘電体界面を伝搬する表面プラズモンポラリトン (SPP) の形で閉じ込めるプラズモニック導波路は、回折限界を超えて光ビーム径をいくらかでも小さくできる可能性があり、盛んに研究が行われている。本論文では、幅が徐々に狭くなる横テーパ型プラズモニック導波路におけるSPPのナノフォーカシングについて報告されている。表面近くにErをドーブしたサファイア基板の上に、横テーパ型金フィルムを形成してプラズモニック導波路を作製した。波長  $1.48 \mu\text{m}$  のレーザー光を照射して、プラズモニック導波路を伝搬するSPPを励起した。Erイオンアップコンバージョン蛍光を利用して赤外SPPを可視光に変換することで、Auフィルム下のSPPの強度分布を観測した。SPPが横テーパ型導波路を伝搬していくにつれて強度が増していき、先端部では幅  $400 \text{ nm}$  以下にまで集束され、入力部の10倍以上の強度のスポットが観測された。また時間領域差分 (FDTD) 法によるシミュレーションにおいても、集束幅の下限 (カットオフ幅の存在) を示す兆候はみられなかった。(図10, 文献33)

本論文では横テーパ型プラズモニック導波路を用い、SPPを幅  $400 \text{ nm}$  以下まで集束させることに成功した。光をマイクロスケールからナノスケールの領域へと導くインターフェースとして、ナノ光導波路への応用が期待される。(上向井正裕)



アップコンバージョン蛍光検出による赤外光励起表面プラズモンポラリトン観測実験

### 複合レンズとマルチモードファイバーを用いた走査型非線形ファイバー内視鏡

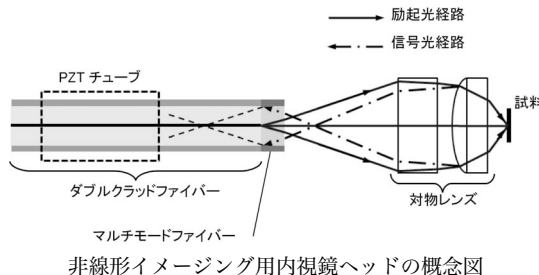
Scanning Fiber-Optic Nonlinear Endomicroscopy with Miniature Aspherical Compound Lens and Multimode Fiber Collector

[Y. Wu, J. Xi, M. J. Cobb and X. Li: Opt. Lett, 34, No. 7 (2009) 953-955]

二光子蛍光や第二高調波等の非線形イメージングは、励起光の集光位置のみで信号が発生し信号検出にピンホールが不要であるという特徴をもち、ファイバー内視鏡への応用が進められている。非線形イメージングでは、試料内で発生する信号光と励起光とで波長の差が大きいため、信号光の検出効率を高めるためには、内視鏡ヘッド部に組み込む対物レンズで発生する色収差の補正が課題となる。著者らは、対物レンズを従来の屈折率分布型レンズから2枚の非球面レンズを用いた構成にすることで色収差を補正し、さらに信号光が入射するファイバー端面にマルチモードファイバーを融着することによって、残存する色収差による信号光損失の低減を試みた。実験では、提案手法を用いることにより、従来手法と比較して4~10倍の信号検出効率の改善がみられた。(図3, 文献8)

興味深い。非線形イメージングを病変の診断に適用する研究も広く進められており、著者らの研究の今後の進展に期待したい。

(生野 恵子)



論文では、信号光の検出効率を向上させるための工夫がみられ、

### 時空マント、または履歴の編集者

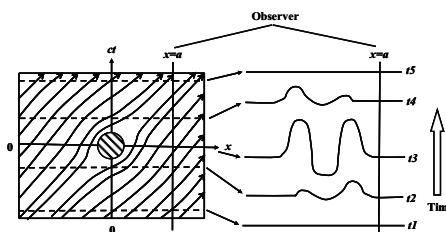
A Spacetime Cloak, or a History Editor

[M. W. McCall, A. Favaro, P. Kinsler and A. Boardman: J. Opt., 13 (2011) 024003]

マイクロ波帯域において、特定金属を使って電磁波の波長よりも短い周期構造を配列させると、メタマテリアルとよばれる負の屈折率を有する仮想的な媒質として機能することが知られている。この現象は、超解像レンズや伝送損失のない光ファイバーなどへの応用が期待されており、さらに透明マントの実現に向けた研究も広く注目されている。著者らは、従来の負の屈折率を利用した透明マントを拡張して、物体よりもむしろイベントを隠す時空マントについて提案している。電磁波の振る舞いを一般相対論での振る舞いとしてとらえた変換光学の観点でメタマテリアルの設計を行った際、透明マントが空間の座標変換を用いるのに対して、時空マントでは時間軸を含む時空座標系を用いて設計する。このとき、時空座標系に現れるイベント近傍を囲む領域では、超光速の位相速度や負の位相速度および屈折率を有する電磁波として表現される。時空マントによって操作された物体の運動は時間変化が隠された状態であり、遠方の観測者にとって、見かけ上、物体が瞬間的に移動したように見える。論文では時空マントの概念設計を示しており、その実現のためには、メタマテリアルの適切な設計、またはフォトニック結晶ファイバーの非線形な屈折率変調を利

用した位相速度の制御を行うことなどが挙げられている。(図6, 文献10)

メタマテリアルを使った透明マントの実用化は、製作技術や適用波長帯の制約など、依然として多くの課題が残されている。時空マントは概念上の段階にすぎないが、セキュリティ分野への応用が考えられ、さらなる研究の進展が期待される。(岡野 正登)



時空マントによる物体近傍での電磁波の振る舞い