

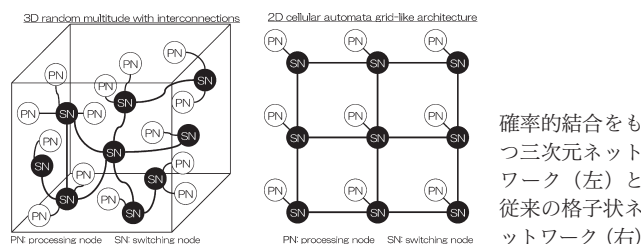
自己組織化された大規模チップ上ネットワークを設計するために自然界にヒントを得たインターコネク

Nature-Inspired Interconnects for Self-Assembled Large-Scale Network-On-Chip Designs
[C. Teuscher: Chaos, 17, No. 2 (2007) 026106]

ホタルの明滅やコオロギの鳴き声が同調する現象は、スモールワールドモデルとよばれる確率的な揺らぎを有するネットワークモデルを用いて説明することができる。本研究では、ナノ構造による実現を想定した自己組織化ネットワークをスモールワールドモデルに基づいて構築し、自己組織化にもとづく結合状態をチップ上ネットワークに利用する際の性能を比較評価した。このようなネットワークは、規則的な結合で構成されるネットワーク内で、一部の結合を確率的にランダムに変更することで構築できるが、本研究では結合特性に距離依存性を導入するとともに、結合数に制約を設けることで物理的に実現可能な形で、確率的なネットワークを構築した。構築した確率的ネットワークの性能を、プロセッシングノード間の平均ノード数をおもな指標として、格子状ネットワークの性能と比較した。基礎的な数値実験により、確率的ネットワークが通信性能とロバスト性の両面で格子状ネットワークより優れていることが示された。(図8, 表1, 文献65)

光インターコネクションの構築においては、通常はリンクに不確定

要素のあるような構成要素は敬遠される。本論文において、三次元の確率的ネットワーク構成が通信性能で優れ、かつ、ロバストであることが示された。これは、確率的な揺らぎを内包する分子ネットワークやナノ構造を利用した光インターコネクションシステムの構成の有効性を示唆している。理論的枠組みの構築、実証実験の進展が期待される。(山本 裕紹)



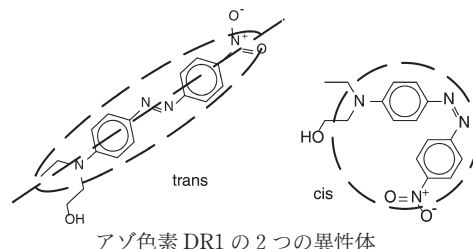
ハイブリッドゾル-ゲルフィルムにおける光誘起異方性に関するモデリングと実験

Modeling and Experimental Study of Photoinduced Anisotropy in Hybrid Solgel Films
[R. Raschellà I.-G. Marino, C. Razzetti, D. Bersani and P. P. Lottici: J. Opt. Soc. Am. B, 24, No. 3 (2007) 504-509]

アゾベンゼンを含む材料の光記録媒体やホログラフィーへの応用に関して、さまざまな研究が行われている。著者らは、アゾ色素を含有させたガラスをゾル-ゲル法によって作製し、光照射に起因する光誘起異方性のメカニズムを実験と解析によって調査した。実験では、アゾ色素にディスパースレッド1 (DR1) を用い、光誘起二色性と複屈折に着目することで、アゾ色素の光異性化による光誘起異方性を調べた。二色性に関する実験では、測定光を拡大せず均一ではない光強度のビームを試料に照射して測定する一方、複屈折に関する実験では、ほぼ一様な光強度になるように励起光と測定光を拡大して使用した。実験で得られた結果を、これまでに提案されたアゾベンゼンの光異性化による光誘起異方性の動力学的モデルに、2つの近似を適用して解析と比較した。その結果、光照射による異方性の形成に関しては、熱の効果を無視できること、そしてアゾ色素のトランス-シス光異性化のシスの形状を球とした近似は、実験結果を非常によく表すことがわかったが、緩和過程においては、熱によるシス-トランスの減衰と球形で

はないシスの異性体を考慮する必要があることが示された。(図8, 文献19)

ゾル-ゲル法は高い光学的性質を有するシリカベースの材料を比較的低温で作製できることから、熱的影響を抑えることのできる作製方法として注目されており、このようなモデル解析により新たな光学材料の開発が進むことが期待され非常に興味深い。(似内 映之)



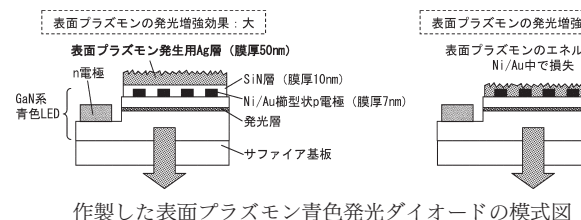
InGaN/GaN 単一量子井戸発光ダイオードにおける表面プラズモン結合効果

Surface Plasmon Coupling Effect in an InGaN/GaN Single-Quantum-Well Light-Emitting Diode
[D. M. Yeh, C. F. Huang, C. Y. Chen, Y. C. Lu and C. C. Yang: Appl. Phys. Lett., 91, No. 17 (2007) 171103]

従来、表面プラズモンを用いることにより、青色発光ダイオードの内部量子効率を増強することが提案されてきた。そのメカニズムは、表面プラズモンが金属/誘電体(半導体)の界面に局在することによる電界強度増加により、発光層で発生する電子-正孔対の量子エネルギーが高速で表面プラズモンに移動することによる。このため、発光層中に結晶欠陥が多く含まれても、電子-正孔対のエネルギーが欠陥における非発光再結合により失われることはない。さらに、表面プラズモンのエネルギーが光子に効率的に移動することができれば、結果的に電子-正孔対から光子への変換効率、すなわち内部量子効率が増強される。これまで表面プラズモンによる内部量子効率の増強は、フォトルミネセンスにおいて実現されていたが、電流注入においては報告されていなかった。その原因のひとつは、電流注入のために形成するNi/Au-p電極の金属が表面プラズモンのエネルギーを吸収し、表面プラズモンが光子へ変換する前に減衰してしまうためであった。一方、表面プラズモンの発生に用いるAgは、青色発光ダイオード表面のp型GaNと良好な電氣的接触を形成することができ

ない。本論文において、著者らは電極による表面プラズモンの減衰を避けるために、電極と表面プラズモン発生用Ag層とをSiN層により分離した。その結果、電流注入において、青色発光ダイオードの発光効率を表面プラズモンを用いて最大1.5倍増強することに初めて成功した。(図6, 文献13)

表面プラズモンによるさらなる内部量子効率の向上を期待したい。(折田 賢児)



フォーマットホログラムの局所的改変による光ディスクへの三次元記録

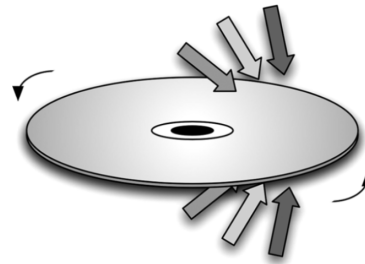
Three-Dimensional Optical Disk Data Storage via the Localized Alteration of a Format Hologram

[R. R. McLeod, A. J. Daiber, T. Honda, M. E. McDonald, T. L. Robertson, T. Slagle, S. L. Sochava and L. Hesselink: Appl. Opt., 47, No. 14 (2007) 2696-2707]

本論文は、記録再生ヘッドが1つのみであることを特長とするディスク形状の体積型ホログラムによる三次元光記録法を提案している。記録媒体のホログラフィックフォトポリマーに反射型グレーティングをあらかじめ書き込んでおき（フォーマッティング）、集光したレーザービームによってこのグレーティングを局所的に破壊もしくは変化させることによって記録を行う。ホログラフィック記録は一般に2つの対向するヘッドを必要とするが、本方式によれば対向するビームが必要なのはフォーマッティング時のみなので、これを出荷時に行うことにすれば記録再生にはヘッドは1つで済むことになる。動径方向および深さ方向のトラッキングは、グレーティングにそれぞれの方向に周期構造をもたせ、グレーティングからの反射光を4分割ディテクターで受光してサーボ制御をかけることで行う。フォーマッティングのみ施したディスクを用いてサーボ制御の実証を行った。また、データ記録の実験では静止したディスクに層間距離12 μmで8層の記録をすることができた。（図14、表1、文献13）

新しいアイデアであり興味深い。本論文ではトラッキングの実験とデータ記録の実験は別になっているが、データを記録するとグレーティングそのものが消失・改変されてしまうため、回折光でサーボをかける本方式がどのくらい実用性があるか検証が待たれる。

(岡村 秀樹)



フォーマッティングの配置図。3つのインコヒーレントなグレーティングにより動径方向および深さ方向に周期的な変調がされる

表面プラズモン共鳴を用いた全視野実時間の画像温度計測法

Full-Field and Real-Time Surface Plasmon Resonance Imaging Thermometry

[I. T. Kim and K. D. Kihm: Opt. Lett., 32, No. 23 (2007) 3456-3458]

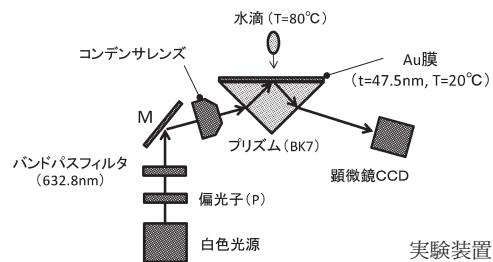
表面プラズモン共鳴 (SPR) 法は、高感度な屈折率測定法として化学センサーなどへの応用が進んでいるが、媒質屈折率の温度相関を利用すれば温度測定法としても期待できる。本論文は、SPR法における試料の温度分布イメージング技術に関するものである。

光学系は、下図に示すような一般的なクレッチマン配置で、BK7のプリズム底面に厚さ47.5 nmの金薄膜を置き、632.8 nmの光でSPRを励起する。励起スポットの反射像を顕微鏡で観察し、グレースケール画像を得る。事前に試料の屈折率の温度依存性からSPRの反射光強度を計算し、試料温度と反射光強度の相関曲線を導出しておく。これを顕微鏡画像の濃淡に適用し、温度分布の画像に変換するという手法である。実験では、20°Cに保たれた空气中、および水膜を張った金薄膜表面に80°Cの水滴を滴下し、その後の画像の時間変化を観察している。その結果、時間とともに同心円状に拡散する温度分布が観察され、実時間イメージングに成功している。現状では、温度測定値の不確かさが約3~10%と大きい。これは相関曲線の算出に用いる金薄膜の光学定数に起因するもので、改善には正確な金薄膜の誘電率測

定と膜厚制御が必要であるとしている。（図3、文献22）

化学反応の進行を高感度に実時間測定するSPR法において、反応を支配する試料の温度は、重要なパラメーターであるといえる。本手法はSPR法における試料温度のその場測定を可能とするものであり、今後SPRセンサーの高度化のための要素技術として期待できる。

(沼田 孝之)



実験装置の概略

単一光子・エンタングル光子対発生のための量子ドット光源

Quantum-Dot Sources for Single Photons and Entangled Photon Pairs

[R. J. Young, D. J. P. Ellis, R. M. Stevenson, A. J. Bennett, P. Atkinson, K. Cooper, D. A. Ritchie and A. J. Shields: Proc. IEEE, 95, No. 9 (2007) 1805-1814]

絶対に盗聴されない暗号鍵として量子鍵があるが、配信する際の伝送距離（許容損失）が100 km程度に制限される課題がある。コヒーレント光を使った量子鍵配信では、どんなに光パワーを低減しても複数個の光子がパルスに含まれる確率が残り、伝送距離を制限する要因であった。この課題を克服するデコイ法も提案されているが、リピーター機能がないうえに伝送距離が制限される。

この課題に対して、著者らは光子を1個ずつ発生する単一光子光源により複数個の光子による距離制限の課題を克服する。さらに、エンタングル光子対をオンデマンドで発生させ、量子リピーターによる飛躍的な伝送距離の長延化を狙う。

量子ドット (QD) の三次元閉じ込め効果は、励起子のエネルギー準位を原子のように離散的にでき、複数光子の同時発生確率を劇的に抑圧する。このとき、単一のQDを選択的に励起する必要があり、酸化窒素構造を用いて実現している。エンタングル光子対では、それに割り当てられる偏光状態のペアが重ねあわせの状態にある。これまで、

光子対を発生させる励起子分子の中間準位がスプリットする現象が発生し、エンタングルを妨害していた。著者らはこのスプリット幅を励起子分子準位の均一幅以下に抑え、エンタングル光子対発生に成功している。実験では、発生した光子対に対して、(a) 水平/鉛直偏光、(b) +45/-45度偏光、(c) 右/左円偏光の3つの基底パターンで同時観測相関を計測、観測の基底に依らず遅延時間=0で強い相関が判明した。現状で100%の相関度は得られていない原因は、QD層以外からの背景光を指摘している。（図9、文献33）

電流注入でオンデマンドにエンタングル光子対を発生させることで量子リピーターが実現できれば、光ファイバー伝送における光増幅器のように、鍵配信の伝送距離・許容損失が現実的なスケールになる。通信安全性のパラダイムシフトを起こすこともできるキーデバイスであり、今後の進展に期待したい。

(山崎 悦史)