

気になる論文コーナー

高次収差を与えた視票に対する調節の動特性

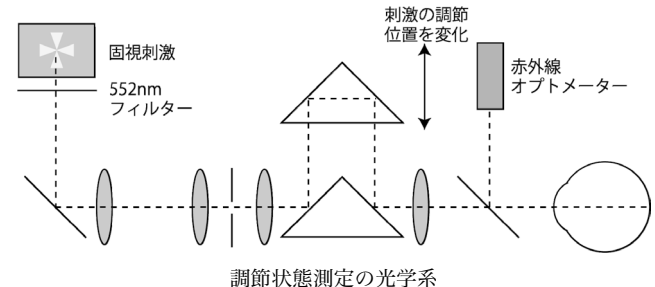
Dynamic Accommodation with Simulated Targets Blurred with High Order Aberrations

[E. Gamba, Y. Wang, J. Yuan, P. B. Kruger and S. Marcos: Vis. Res., 50, No. 19 (2010) 1922-1927]

人間の視覚系は異なる奥行きへの視対象に焦点を合わせるために水晶体の厚みを調節しているが、そのコントロールメカニズムは未だ解明されていない。本論文では、視対象にさまざまな種類の収差を意図的に与え、収差によるぼけが調節メカニズムに与える影響を検討している。視票に与える収差条件は、収差なし、焦点ずれ、コマ収差、トレfoil収差、球面収差であり、それぞれの収差条件において、点像分布関数が $0.3\ \mu\text{m}$ と $1\ \mu\text{m}$ の2つを用意した。実験では、視票を2ディオプリーの呈示位置を中心に振幅1ディオプリー、周波数 $0.195\ \text{Hz}$ で前後させたときの調節の追従状態を、赤外線オプトメーターにより計測した。追従状態を周波数解析し、視票の振動周波数での振幅を追従利得と定義している。計測の結果より、いずれの収差タイプにおいても、収差が大きいくほど追従利得が小さくなる結果を得た。さらに、収差タイプによる違いをぼけの程度との関係から検討するために、 $3\sim 5\ \text{cycles/degree}$ のMTF(modulation transfer function)値と追従利得の相関を調べたところ、強い正の相関がみられた。以上のことから、調節の追従メカニズムにおいては、特定のタイプの収差が影響力をもつのではなく、視票のぼけの程度が強く影響すると述べている。(図6, 文献31)

調節の動特性において、視対象のぼけ情報が重要な役割を果たしていると述べる論文が多くあり、本論文もこれを肯定している。ぼけ情報を収差の観点から分類を試みたことは、この分野における研究の発展性を考える上で有用であると思われる。

(山口 秀樹)



測色情報からのスペクトルデータ復元のための適応型非負値基底

Adaptive Non-Negative Bases for Reconstruction of Spectral Data from Colorimetric Information

[S. H. Amirshahi and S. A. Amirshahi: Opt. Rev., 17, No. 6 (2010) 562-569]

物体固有の情報である表面分光反射率を取得、または高精度で推定することが可能であれば、多方面への有意義な応用が期待できる。一般的に分光反射率は波長に関する無限次元のデータであるが、多数の分光反射率データから抽出した少数の基底関数の重み付け線形和で近似することはよく知られている。多数の分光反射率データから基底関数を抽出する代表的な手法として主成分分析が挙げられるが、負の反射率をもつ基底関数が抽出されることも多く、そのような特性をもつ物体は身近な物体や工業製品等からは想像しがたい。それゆえ基底関数を正值で表現するために、非負値行列因子分解を用いた基底関数の抽出手法が近年注目を集めている。著者らは抽出の前段階において、分光反射率データに対し対象物体との類似性を基準に重み付け

を行い、その後非負値行列因子分解により基底関数を抽出する手法を提案した。実験では、マンセル色票1269色の分光反射率群から正值の基底関数を抽出した。提案手法の性能評価のために、主成分分析法と標準的な非負値行列因子分解との比較を行った。抽出した3つから5つの基底関数を用いて分光反射率の圧縮と復元を行い、CIE LAB色差と最小自乗誤差を求め、それらを評価基準とした。他の抽出手法に対し、基底関数の数の違いにかかわらず提案手法が最も良好な結果を示した。(図6, 表2, 文献28)

スペクトル画像を扱うためには色情報の圧縮および解凍技術が不可欠であり、画像に対する本手法の有用性に興味がある。今後の進展に期待したい。(西 省吾)

摩擦帯電による強誘電性液晶記憶素子の駆動

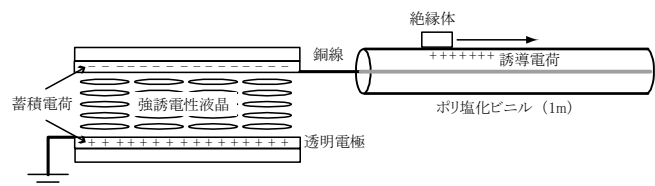
Triboelectric Activation of Ferroelectric Liquid Crystal Memory Devices

[A. Choudhary, T. Joshi and A. M. Biradar: Appl. Phys. Lett., 97, No. 12 (2010) 124108]

強誘電性液晶 (ferroelectric liquid crystal; FLC) は自発分極を有し、高速応答、メモリー効果等の特徴から多くの応用研究がなされている。近年、電力消費が無視できるほど小さいメモリー型表示装置がネマチック液晶や FLC などで開発されているが、これらはメモリー状態の変更には標準的な電源が用いられている。本論文では、駆動電源として摩擦帯電を用いる強誘電性液晶記憶素子を提案している。液晶素子の片側の透明電極は接地し、もう一方の透明電極には銅線を接続する。この銅線の一部はポリ塩化ビニル (polyvinyl chloride; PVC) で被覆されており、このPVCを異なる仕事関数を有する絶縁体で擦ることにより、摩擦帯電を生じさせる。発生した電荷は、銅線を通して素子に移動し、それにより発生した電位で素子を駆動し、メモリー状態の変更を行う。PVCの直径が $16\ \text{mm}$ 、絶縁体で擦る距離が $15\ \text{cm}$ の条件では、1回の摩擦で十分な液晶分子のスイッチングが得られている。この駆動方法は、わずかな電流しか必要としない電圧駆動型の液晶に適している。(図4, 文献14)

頻繁に表示内容を書き換える必要がある表示装置の駆動原理には向

かないが、書き換え頻度の少ない用途向けの電子ペーパー等への応用は興味深い。特に、使用者自身が摩擦を行う動作に意味を見いだせる形のインターフェースとして実装すると、面白いデバイスになり得ると期待される。(中山 敬三)



摩擦帯電による強誘電性液晶素子の駆動原理図

カーボンナノチューブと液晶を組み合わせた電圧駆動型マイクロレンズアレイの電気光学特性

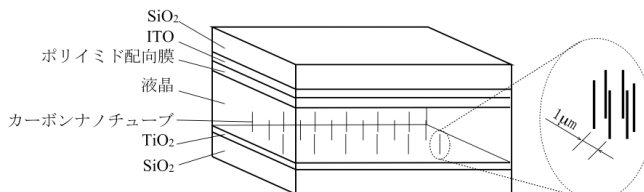
Electro-Optic Characteristics of a Transparent Nanophotonic Device Based on Carbon Nanotubes and Liquid Crystals
[R. Rajasekharan, Q. Dai and T. D. Wilkinson: Appl. Opt., 49, No. 11 (2010) 2099-2104]

近年、液晶を用いた可変焦点レンズが研究されている。最近、カーボンナノチューブをアレイ状に配置した基板を用いた可変焦点マイクロレンズアレイを作製したという報告があった。著者らは、 $\phi 50$ nmのカーボンナノチューブを $1 \mu\text{m}$ 間隔で六角形に並べたものを1つのドメインとし、この六角形のドメインを $10 \mu\text{m}$ 間隔のアレイ状に並べて TiO_2 薄膜に形成した。この TiO_2 薄膜を形成したガラス基板と、ポリイミド配向膜およびITO電極を形成したガラス基板との間に液晶を封入したデバイスを作製している。作製したデバイスに電圧を印加すると、カーボンナノチューブの近傍の電界分布はガウス分布となる。この分布に沿って液晶が配向するためレンズ効果が得られる。測定結果によると、印加電圧が $0.6 V_{\text{rms}}$ で透過光の光強度に変化がみられ、 $2 V_{\text{rms}}$ で 3.5π の位相差を作り出すことができている。また、応答速度は、 $0.6 V_{\text{rms}}$ から $1 V_{\text{rms}}$ に変化させたときは 3000 msと遅いものの、 $2.7 V_{\text{rms}}$ から $3.4 V_{\text{rms}}$ に変化させたときは 200 msの応答が実現できている。カーボンナノチューブを用いる利点として、レンズアレイを形成できるだけでなく、液晶の応答速度が向上していることもあわせて報

告されている。(図9, 文献16)

カーボンナノチューブを形成する位置はナノメートルオーダーで制御ができることから、例えば、サブマイクロメートルオーダーでレンズを配置した高精細可変焦点レンズアレイの実現が期待できる。

(水谷 康弘)



カーボンナノチューブと液晶を組み合わせたマイクロレンズアレイ

差分型ゴーストイメージング

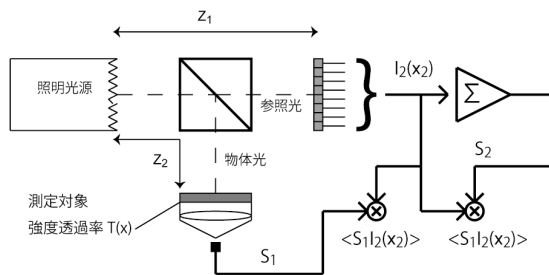
Differential Ghost Imaging

[F. Ferri, D. Magatti, L. A. Lugiato and A. Gatti: Phys. Rev. Lett., 104, No. 25 (2010) 253603]

ゴーストイメージング (GI: ghost imaging) は、空間的に相関を有するビームを用いた計測法であり、物体に十分なエネルギーを照射できない状況における計測に適しているといわれる。GIにおける計測は、光子対の量子もつれの性質を用いるものと、古典的な光信号を利用する方法に大別される。これまでの議論では、後者は信号対雑音比が低く、学術的な研究の範囲内にとどまっていた。本論文では、熱光源を用いたGIにおいて信号対雑音比を劇的に向上させる差分型GIを報告している。GIでは、図に示すように、まず散乱信号が物体を照射する信号と参照信号に分離される。参照信号は、CCDなどのエリアセンサーで検出される。一方、物体信号は、測定対象を通過後に集光され、単一の受光素子により検出される。従来手法では、計測結果と後処理により、測定対象の強度透過率分布を求めるのに対し、差分型GIでは、透過率分布の平均からの差分量を推定する。論文文中において差分型GIが信号対雑音比において有用であることが、理論、実験、数値解析によりそれぞれ検証されている。また、画像データを用いた実験結果が提示されている。(図5, 文献23)

実用化の観点からは、GIは課題が山積している状況である。しかし、計測および信号処理の工夫によりさらなる発展が期待される興味深いイメージング技術であると考えられる。

(仁田 功一)



ゴーストイメージングの実験系の概要

InGaN/GaN ナノロッドアレイによる白色LED

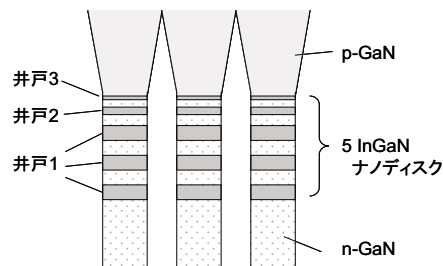
InGaN/GaN Nanorod Array White Light-Emitting Diode

[H.-W. Lin, Y.-J. Lu, H.-Y. Chen, H.-M. Lee and S. Gwo: Appl. Phys. Lett., 97, No. 7 (2010) 073101]

白色LEDに用いられる $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 系材料は、バンドギャップを 0.6 eVから 3.4 eVまで変化させることができるため、本来、そのみで白色光源を実現することが可能である。しかしながら、緑～赤色の発光を得るためIn組成を高くすると、歪みの影響や欠陥が増大し発光効率が低下するという課題がある。著者らは、プラズマアシスト分子線エピタキシーを用いてSi基板上にInGaN/GaNナノロッドアレイを形成し、InGaN中の歪み緩和と無転位化を実現した。また、ナノロッドのInGaN井戸を多層で積層する際に組成比と井戸幅を変化させることで、発光光の白色化を実現した。得られた光の色温度は 6000K であり、駆動電流の変化に対してほとんど変化せず安定であった。(図3, 文献21)

換わっていくことが考えられる。今後の高効率化等の動向に期待したい。

(山中 一彦)



InGaN/GaN ナノロッド構造

InGaN系材料のみで白色光源を実現する取り組みは、これまで量子効果や結晶面の利用などさまざまなされている。いずれも効率の面でまだ実用化レベルに至っていないが、これが改善されれば急速に置き