

気になる論文コーナー

不規則な媒質におけるファラデー回転

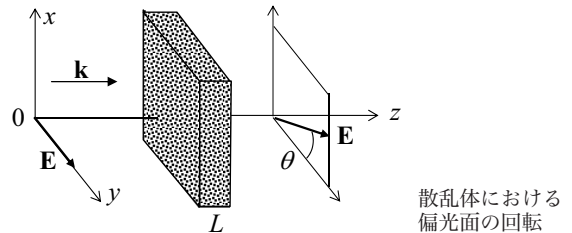
Faraday Rotation in a Disordered Medium

[V. Gasparian and Zh. S. Gevorkian: Phys. Rev. A, 87, No. 5 (2013) 053807]

ファラデー回転の効果は古くから知られ、アイソレーターや記憶媒体などへのデバイス応用やスピントロニクスにおける計測手段として多くの分野で利用されてきた。近年では、金属ナノ粒子を添加した磁性体薄膜における表面プラズモン共鳴波長でのファラデー回転の増大やグラフェンにおけるファラデー回転などの研究成果が報告され、再び注目されている。本文献では、三次元的に不規則な媒質における散乱光のファラデー回転について、理論的アプローチによる考察を述べている。このような系で得られるファラデー回転角は、コヒーレントポテンシャル近似によって得られる回転角と拡散散乱による回転角によって決定されるとした理論式を提案し、これを元に回転角は非弾性平均自由行程と平均自由行程の比に比例することや、平均自由行程が最小となる波長で回転角が最大となることなどを示している。また、後方散乱についても同様に理論式を用いて散乱体と電磁場の相互作用時間が回転角に強く影響することなどを述べている。また、過去に報告された実験結果と提案した理論から得られる値を比較検証してい

る。(図2, 文献29)

現象自体は既知のものであり、光計測において散乱による偏光解消成分を分離してファラデー回転角を測定する技術はこれまでも提案されている。しかし、散乱の形態によって異なる回転の効果も理論的考察によって一般化した点が興味深く、近年の新規材料におけるファラデー回転の考察への応用が期待される。(海老澤瑞枝)



散乱体における偏光面の回転

ホログラフィック拡張現実のための時間分割と空間タイリングを用いた視野角の拡大

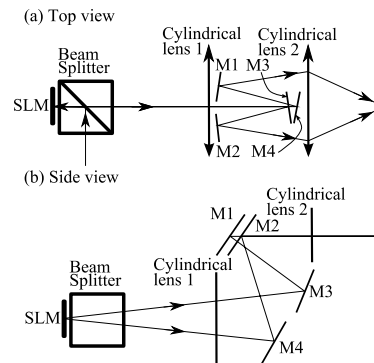
Viewing-Angle Enlargement in Holographic Augmented Reality Using Time Division and Spatial Tiling

[Y.-Z. Liu, X.-N. Pang, S. Jiang and J.-W. Dong: Opt. Express, 21, No. 10 (2013) 12068-12070]

空間光変調器 (SLM) を用いて三次元ホログラフィックディスプレイを実現するにあたり、視野角の拡大は重要な問題である。本論文では、等価的曲面 SLM 配列による視野拡大法を提案する。この手法は、互いに傾きをもっている SLM を複数設置する曲面 SLM 配列法を、単一の SLM に対する線形位相因子の重畳により等価的に実現する。左右の視野角に対応する物体光は、SLM において垂直方向の回折角に差をもたせることで空間的に分離され、4枚のミラーを用いて、水平方向に互いに傾きをもち、垂直方向には並行な光軸をもって再合成される。合成の際に各物体光のなす角の分だけ視野角が拡大される。また、合成の光学系内に2枚のシリンダリカルレンズを用いた結像系を導入し、水平方向にホログラムを縮小結像することで、さらに水平方向の視野角を拡大する。左右の視野角に対するホログラムはインターレースを用いた時間分割方式を用いて1枚の SLM で表示し、フリッカー現象のないホログラム像を再生する。(図9, 文献22)

本論文では合成されたホログラムは2枚であったが、本手法の原理は3枚以上のホログラムを合成することにより、さらなる視野拡大が

可能である。位相因子の重畳法など、実現手段の技術的な問題の改善と発展を期待したい。(和田 篤)



ホログラム再生光学系

低損失で平坦な透過帯域をもつ波長多重合分波器のためのシリコンフォトニクスによる縦続マッハ・ツェンダー波長フィルター

Cascaded Mach-Zehnder Wavelength Filters in Silicon Photonics for Low Loss and Flat Pass-Band WDM (de-)Multiplexing

[F. Horst, W. M. J. Green, S. Assefa, S. M. Shank, Y. A. Vlasov and B. J. Offrein: Opt. Express, 21, No. 10 (2013) 11652-11658]

CMOS (complementary metal-oxide-semiconductor) 集積回路プロセスを使って電子/光回路を1チップに集積するシリコンフォトニクスが近年活発に研究されており、そのおもな応用として、1秒回の演算回数がエクサ (10^{18}) スケールとなるようなコンピューターシステムが挙げられる。このようなシステムでは200万以上の光リンクが必要とされ、この光リンクに使われる光トランシーバーのサイズ、電力消費、コストの低減がシステム全体のそれらに大きく影響を与えることから、この光トランシーバーには光増幅と温度制御なしで動作することが必須となる。光トランシーバーには光合分波器が搭載されるが、これまでシリコンフォトニクスで報告されてきたアレイ導波路回折格子などのデバイスでは、低損失化と温度無依存動作に必要な透過帯域の平坦化が困難だった。そこで著者らは、本質的に損失のない方向性結合器を組み合わせたラティスフィルターを採用して解決を図り、 1×8 ポートの波長合分波器を製作、評価した。製作されたラ

ティスフィルターは3段構成で、各段でチャンネルを半分ずつに分けていく。各段は非対称マッハ・ツェンダー干渉計が縦続接続された構造になっており、所望の透過特性をもつように分岐比や遅延線が適当に調整されている。当該フィルターは90 nm CMOS ラインで製作され、 $500 \times 400 \mu\text{m}^2$ のサイズである。製作されたフィルターは1.9 nmの透過帯域幅で0.7 dBの平坦さと15 dBの消光比、1.6 dBの挿入損失を示した。また、 25°C 以上温度変化しても特性は維持できることが確認された。これらの結果は、当該フィルターが波長多重光トランシーバーに適していることを示している。(図5, 表1, 文献16)

低損失な波長合分波器を製作することはシリコンフォトニクスではしばらく課題となっていたが、製作が比較的容易な構造を採用することでひとつの答えを示したといえる。このように、いかに構造のゆらぎに対して強いデバイスを設計するかがこの分野の重要なポイントとなっている。(鈴木恵治郎)

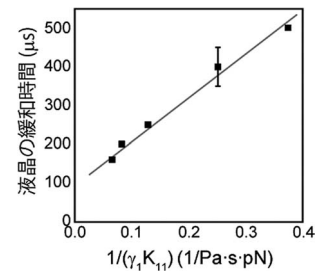
サブミリ秒の応答速度を有し、光散乱の生じない近赤外域用液晶位相変調素子

Submillisecond-Response and Scattering-Free Infrared Liquid Crystal Phase Modulators
[J. Sun, Y. Chen and S.-T. Wu: Opt. Express, 20, No. 18 (2012) 20124-20129]

液晶は0.2程度の大きい複屈折をもつため、空間位相変調子や補償光学素子に利用される。しかし、近赤外領域で 2π の位相差を得るには厚い液晶層が必要となり、応答速度が低下する問題があった。本論文では、液晶と光重合性モノマーを混合した複合材料により、サブミリ秒の応答速度を有しながら 2π 以上の位相差を得られる素子を実現した。著者らは液晶とモノマーの重合相分離過程に着目し、粘度の高い液晶材料を用いることで相分離が抑制され、液晶とポリマーが数百ナノメートル間隔で入り組んだネットワーク構造が形成されることを見いだしている。液晶分子をネットワーク内の個々の細孔において応答させることで、従来の液晶と比較して1000倍程度高速な応答を得た。また、複合系で問題となる、液晶とポリマーの屈折率差に起因する光散乱も、ネットワーク構造を微細化することで回避している。波長 $1.06\ \mu\text{m}$ の光に対する 2π 変調時の駆動特性は、電圧70V、応答時間427 μs が報告された。(図4、表1、文献26)

通常の液晶は粘度が低いほど高速に応答するが、本論文では高粘度の液晶がより速い応答を示すという、一見直感的ではない結果が得られており、興味深い。駆動電圧の低下、ヒステリシスの軽減など解決

すべき問題も多いが、今後の特性改善に期待したい。(吉田 浩之)



液晶の応答時間の粘度と弾性定数に対する依存性

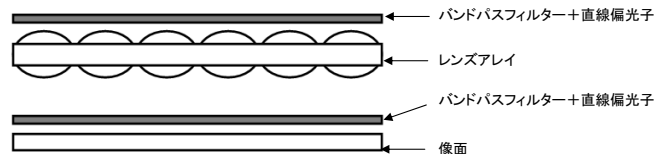
偏光分光レンズアレイ撮像素子のモデリングとシミュレーション

Modeling and Simulation of a Spectro-Polarimetric Lenslet Array Imager
[J. Walters, B. Robinson and P. J. Reardon: Opt. Eng., 52, No. 2 (2013) 023201]

高画素化に次ぐ次世代カメラの差別化要素として、TOMBO (thin observation module by bound optics) に代表される複眼カメラの技術が近年注目されている。複眼カメラでは多数の小径レンズアレイを用いるため、小型・薄型といった形状的な利点に加え、高解像度化・フォーカスフリー・リフォーカス等の長を備えている。本研究では、レンズアレイ構造に起因するクロストークの軽減策として、物理的な仕切りによる画像分離方法の代替となる、バンドパスフィルターと直線偏光素子を用いた方法を提案している。また、直接光とクロストークで定義されるSN比を評価関数とするレンズ形状最適化設計ツールも開発した。最終的に、全半球方向からの入射光に対して、15種のバンドパスフィルターと水平/垂直方向の直線偏光子を組み合わせた構造により、対角方向に隣接する画素間のクロストークも効果的に排除することで、SN比を大幅に向上させた設計解が得られた。(図19、文献15)

バンドパスフィルターと偏光素子による新たなクロストーク軽減方

法は非常に興味深い。モデリングには実在の素子の仕様を反映しているため、実用化も近いと考えられる。複眼レンズの応用範囲は幅広く、今後の動向に注目したい。(藤代 一朗)



偏光分光レンズアレイを用いた複眼カメラの構成

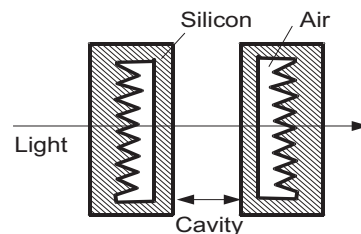
格子構造を用いたファブリー・ペローフィルター

Fabry-Perot Filter Using Grating Structures
[Y.-S. Lin, C. P. Ho, K. H. Koh and C. Lee: Opt. Lett., 38, No. 6 (2013) 902-904]

ファブリー・ペロー (Fabry-Perot, FP) フィルターは、帯域幅の狭いスペクトルを要求する光通信システムやイメージングなどに広く利用されている。帯域幅を狭めるために、FPフィルターの共振器を構成するミラー部には、屈折率の変調が大きい誘電体多層膜の利用が望まれる。しかしながら、分布ブラッグ反射型 (distributed Bragg reflector, DBR) ミラーにおいては、層の境界での反射による伝搬損失が大きくなる問題がある。著者らは、DBRミラーとキャビティの共振に利用される光量を増加させるために、シリコンと空気層のDBRミラーの内壁部にサブ波長格子による反射防止構造を設定した。ピーク波長を $3.5\ \mu\text{m}$ として、格子断面を三角格子 (周期 $250\sim 1000\ \text{nm}$ 、高さ $474\sim 1422\ \text{nm}$) に設定して数値シミュレーションを行った。従来構造におけるFPフィルターの半値幅 $45\ \text{nm}$ に対し、本提案では $30\ \text{nm}$ と改善された。(図4、表1、文献16)

帯域幅を狭める手段として、薄膜の代わりにサブ波長格子による反射防止構造を用いた点が興味深い。本フィルターの実現には、共振器

構造の位置合わせ精度の向上が重要であるが、今後の試作ならびに光学評価による検証を期待したい。(岡野 正登)



サブ波長格子を有するファブリー・ペローフィルター