

ホログラフィックデータストレージにおける干渉縞歪に起因するデータ画像の光学的補正

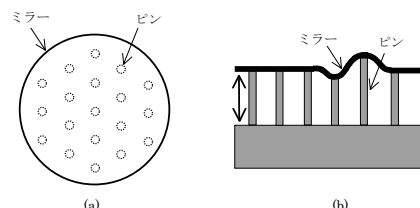
Optical Compensation of Distorted Data Image Caused by Interference Fringe Distortion in Holographic Data Storage
[T. Muroi, N. Kinoshita, N. Ishii, K. Kamijo and N. Shimidzu: Appl. Opt., 48, No. 19 (2009) 3681-3690]

次世代の光メモリとして、大容量・高速データ転送が期待されるホログラフィックデータストレージが注目されている。情報は二次元ページデータに符号化され、記録媒体中に参照光との干渉縞を記録媒体の屈折率分布として記録される。記録媒体によく用いられるフォトポリマーは光重合により収縮するが、この収縮が記録された干渉縞を歪ませ、再生画像の画質を低下させる問題がある。本論文ではデータの記録などによる非等方的な収縮に伴う歪みを光学的に補正する手段として、参照光の波面を歪みにあわせて最適化する方法が紹介されている。波面を変調するために、図に示す DM (deformable mirror) を参照光の光路中に配置した。DM は 19 個のピンにより形状を変形することが可能である。再生された画像の SNR と平均強度をモニターしながら、最適な DM の形状を遺伝的アルゴリズムに基づき決定する。波面形状を最適化することにより再生像のエッジにおける SNR は -6.3 dB から 10.9 dB まで向上した。さらに、角度多重方式において、隣り合う参照光の角度による最適な波面形状が似ていることを利

用し、計算に用いる初期値を隣のページと同じにすることで計算速度の向上も図られている。(図 15, 文献 13)

非等方的な干渉縞の歪みを参照光の位相を部分的に変えて補正した点が興味深い。さらなる大容量化に向け、今後が期待される。

(野口 一能)



(a) デフォーミブルミラーの形状, (b) 断面図

色恒常性：現象か、投影か？

Color Constancy: Phenomenal or Projective?

[A. J. Reeves, K. Amano and D. H. Foster: Percept. Psychophys., 70, No. 2 (2008) 219-228]

色恒常性とは、照明光の分光特性が変化し物体から反射する光の分光特性が変化しても、その物体の表面の色は不変だと知覚することである。色恒常性の研究は多数行われているが、被験者へのタスクにより異なる結果が得られている。そこで本論文は、統一した実験条件でタスクの違いによる色恒常性を比較する。実験は、16000K と 4000K の 2 つの異なるグローバル照明下においてモンドリアンパターン（多数のパッチが幾何学的に並んでいるパターン）の中心パッチの色の一貫度を評価する。ここで第 2 のパッチの中心パッチ照明（局所照明）光のみ 16000K と 4000K を含む 9 点に変化させる。タスクは 3 種、①材質の色そのものとして見たときの一致度で点数付けする主観的判断、②色相と彩度の一致度で点数付けする主観的判断、③材質の色そのもので見たとき一致しているか否かの二者択一の客観的判断である。この結果、①と③のタスクでは、第 2 パッチのグローバル照明光と中心パッチの局所照明光が近い条件で最も点数が高く、色恒常性

指数 CCI=0.4~0.8 と大きい。逆に②のタスクでは第 1 パッチのグローバル照明光と第 2 パッチの中心パッチの局所照明光が近い条件で最も点数が高く、CCI=0.1~0.3 と小さい。個人差はあるが、主観的判断の①と客観的判断の③で相関が高く、②と①、③との相関は低い傾向がみられた。これらの結果は、人が色の見えとしての感覚的な判断(②)と、照明光を推定して(表面反射率のような)材質の物理特性そのものの判断(①)を区別することができることを示している。後者は感覚的な知覚を物体の性質として物理的な世界に投影していることになる。(図 4, 表 2, 文献 69)

色恒常性については古くから研究されているが、照明光を推定し、照明光の影響を考慮して物体そのものの色を認識するという人間の知覚は、画像処理のアプリケーションで見習う点が多い。見方によって見え方が変化するという点は興味深い。

(兼松えりか)

コヒーレント偏波分割多重 QPSK システムにおけるチャネル間非線形

Interchannel Nonlinearities in Coherent Polarization-Division-Multiplexed Quadrature-Phase-Shift-Keying Systems

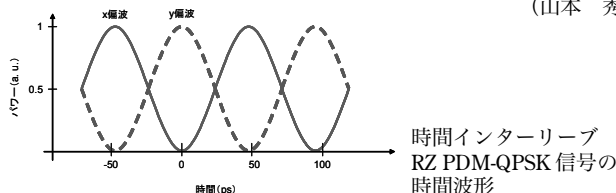
[C. Xie: IEEE Photon. Technol. Lett., 21, No. 5 (2009) 274-276]

次世代光伝送技術として、コヒーレント検波とデジタル信号処理を用いた偏波分割多重直交位相シフトキーイング (PDM-QPSK) が活発に研究されている。しかし、PDM-QPSK は単一偏波信号に対して非線形光学効果に伴う信号品質劣化の低減が確認されている分散マネジメント系において、WDM チャネル間の非線形光学効果の影響を受けやすいことが知られている。本報告では、42.8 Gb/s デジタルコヒーレント PDM-QPSK システムを想定した数値シミュレーションを通し、分散マネジメント系における PDM-QPSK の信号品質劣化の支配的な要因が非線形偏波散乱 (nonlinear polarization scattering) であることを定量的に示している。非線形偏波散乱は、WDM チャネル間の相互位相変調に伴う偏波回転に起因し、シンボルごとにランダムな偏波回転が与えられることにより発生する。偏波多重信号に特有の劣化要因である。著者はこの非線形偏波散乱の影響を低減する方法として、時間インターリーブ RZ (return-to-zero) PDM-QPSK 方式を提案している。この方式では、図に示すような x 偏波信号と y 偏波信号のタイミングを 1/2 シンボルずらした偏波多重信号を生成することにより、各信号はシンボルのビット情報によらず特定の偏波状態を実現する。この偏波状態は、x 偏波信号と y 偏波信号とで他の WDM チャネルに対

して互いに反対の偏波回転を与えるため、その影響は相殺され、非線形偏波散乱の発生を抑圧する。本報告では、数値シミュレーションによる提案方式と従来の PDM-QPSK 方式の比較を行い、提案方式を用いることにより分散マネジメント系において十分に非線形偏波散乱が抑圧されることを示している。(図 6, 文献 10)

周波数リソースを消費せずに伝送容量の倍増が実現可能な偏波多重信号は、高速大容量な光伝送を実現する上で非常に重要である。本報告では、そのような偏波多重信号に特有な信号劣化要因である非線形偏波散乱の定量的な評価が行われており、今後の偏波多重伝送システムの設計において重要な指標のひとつとなることが予想される。

(山本 秀人)



自己コリメート機能を有するフォトニック結晶波長板

Self-Collimating Photonic-Crystal Wave Plates

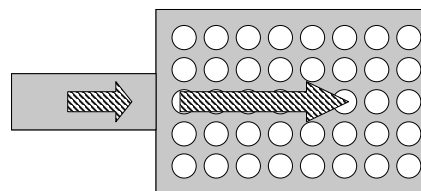
[W. Zhang, J. Liu, W. P. Huang and W. Zhao: Opt. Lett., 34, No. 17 (2009) 2676-2678]

波長板は、将来の光集積回路において重要な素子のひとつとして考えられている。特に、超微小な光集積回路に向けた小型波長板として、フォトニック結晶を用いた波長板が提案されており、検討が行われている。しかしながら、従来の検討では考慮されていないフォトニック結晶中を伝播する光の空間的な広がり、周囲に集積された素子の機能に影響を及ぼすことが、本論文で指摘されている。著者らは、フォトニック結晶のコリメート効果と、フォトニック結晶中の伝播光の偏光による伝播速度の差を利用した新たな波長板を提案している。この波長板は、素子の中を平行光で伝播し、素子長によって両偏光の位相差を制御することができる。正方形格子構造を有するフォトニック結晶をベースに波長板を設計し、波長 1528~1573 nm の帯域において、両偏光で高い透過率を有すること、コリメート効果と波長板の機能を有することを電磁場解析で確認している。(図 4, 文献 15)

フォトニック結晶中の伝播光の空間的な広がりの影響に着目した点が新しい。そして、フォトニック結晶のコリメート効果と他の特性を

組み合わせることで新規な構成を提案している点も興味深い。比較的良好な特性を解析で確認しており、今後、実験検証が期待される。

(池本 聖雄)



コリメート効果を有するフォトニック結晶波長板

有限数の寄与成分をもつスペckル

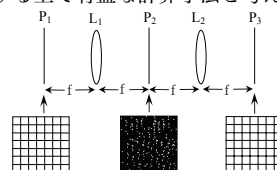
Speckle with a Finite Number of Steps

[J. W. Goodman: Appl. Opt., 47, No. 4 (2008) A111-A118]

一般的なスペckルの統計モデルは、無限数のランダムな位相をもつ微小成分の重ね合わせと仮定している。しかし、実際の成分数は有限数である。本論文では、成分数が無限数と有限数とした場合での差異について報告がなされている。微小成分の位相が $-\pi \sim \pi$ で均一に分布しており、振幅の分布関数がデルタ関数、レイリー密度関数、変形ベッセル密度関数、ベタ密度関数の場合について、スペckル強度が閾値を超える確率を算出し、無限数の重ね合わせと仮定したモデルでは、実際は成分数が少ない状態のときに、スペckル強度が閾値を超える確率がしばしば高く見積もりすぎることが示されている。また、 L_1 前の焦点面 P_1 に $-\pi \sim \pi$ に均一な分布でランダムに位相をシフトさせる M 個のセルを有するチェッカー盤があると仮定すると、 P_1 のいずれかの点におけるスペckルの成分数は 1 であるとみなすことができ、 L_1 後の焦点面 P_2 では、 P_1 での M 個の位相シフトセルからの寄与があるために成分数は M 、前側焦点面が P_2 と一致する L_2 の後ろ側焦点面 P_3 での成分数は 1 となることが示されている。このように、場と

強度の統計が一次変換光学系によって変わらない無限数の重ね合わせからなるスペckルとは違い、有限数の重ね合わせからなるスペckルの場と強度の統計は、一次変換光学系によって変わり得ることが示されている。適用例としては、コヒーレントイメージングとリソグラフィでの投影光源としての複数モードで発振するレーザーを挙げている。(図 7, 文献 14)

有限数の重ね合わせからなるスペckルモデルは、スペckル強度統計を正確に予測する上で有益な計算手法と考える。(門馬 進)



有限数重ね合わせによるスペckルの統計が距離に応じて変化する光学系

2 色のレーザーで誘起されたガスプラズマから発生したテラヘルツ波のコヒーレントな偏光制御

Coherent Polarization Control of Terahertz Waves Generated from Two-Color Laser-Induced Gas Plasma

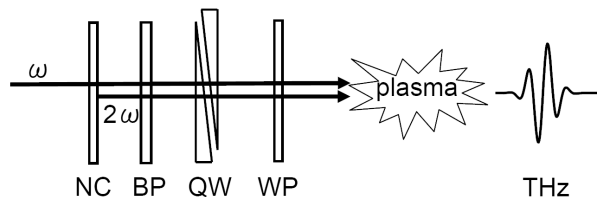
[J. Dai, N. Karpowicz and X.-C. Zhang: Phys. Rev. Lett., 103, No. 2 (2009) 023001-1-023001-4]

近年、高強度なテラヘルツ波発生法として、ガス中にフェムト秒基本波 (ω) パルスとその倍波 (2ω) パルスを同時に集光する手法が有望視されている。しかしこれまで、発生したテラヘルツ波の偏光状態を任意に制御することは容易ではなかった。著者らは、 ω パルスと 2ω パルスがほぼ円偏光であれば、それらの相対位相を変えることで、テラヘルツ波の偏光方向を任意に制御することができることを量子力学的なモデル計算によって予想し、実験的に再現した。光源 (ω) は波長 800 nm のフェムト秒パルスであり、 β -BBO を通じて 2ω パルスを発生させる。ウェッジのついた溶融シリカ対の一方を出し入れすることで、2つのパルスの相対位相を制御する。最後に位相板によって2つのパルスの偏光状態を変えて、ガス中に集光する。発生したテラヘルツ波の強度と偏光状態を調べたところ、2つのパルスがともに直線偏光のとき、出力強度は相対位相に対して周期的に変動するが、偏光状態は変化しなかった。一方、2つのパルスがともに円偏光のとき、出力強度は一定であり、偏光角は相対位相に対して線形に変化し

た。(図 5, 文献 20)

本報告は、高強度なテラヘルツ波の偏光状態を自在に制御する画期的な手法である。ここでは相対位相を変化させるためにウェッジのついた溶融シリカ対を機械的に動かしているが、電気光学的な手法を用いることでさらに高速な制御が可能になると期待される。

(佐藤 琢哉)



偏光制御可能なテラヘルツ波パルスの発生システム。NC：非線形光学結晶、QW：石英ウェッジ、BP：複屈折板、WP：波長板