

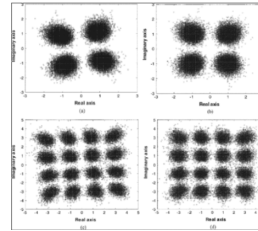
直交周波数分割多重を用いた100 Gb/s伝送

100-Gb/s Transmission Using Orthogonal Frequency-Division Multiplexing
[I. B. Djordjevic and B. Vasic: IEEE Photon. Technol. Lett., 18, No. 15 (2006) 1576-1578]

イーサネット規格のビットレートは10倍単位で伸びており、次期規格では100 Gb/sとなると想定される。その光多重化方式として直交周波数分割多重 (OFDM) がある。1つのデータ系列を低ビットレートな複数系列に展開し、複数の搬送波に乗せて送信する方式である。そのためシンボル時間がチャンネル数倍長く、シングルキャリア伝送に比較して波長分散・偏波分散耐力が高い。また、各搬送波の多値変調化により周波数利用効率の向上、コヒーレント検波による高SN化なども可能とされる。著者は64本の搬送波のうち、50本を100 Gb/sイーサネットトラフィックに、残りの14本をパイロット信号とFECに割り当てる方式の伝送特性を計算検討した。逆高速フーリエ変換で生成したOFDMのIF信号を、60 GHz搬送波に乗せた上でSSB変調器によって光信号を生成する。受信端では直接受信し、RFダウンコンバージョンの後、高速フーリエ変換によって復号される。14本のうち4本をパイロットチャネルとして用いて、SPMによる位相回転量を検出する。この結果から、クライアント信号のコンスタレーション

マップ上におけるSPM位相回転を補償する。FECと組み合わせることで、3840 kmも伝送可能であることを示している。(図5, 文献11)

OFDMの複数キャリアの一部をパイロット信号として用いてSPMによる位相回転を検出し、クライアント信号光の伝送特性を高めており、OFDMの短所である非線形性耐力を向上している点が興味深い。(山崎 悦史)



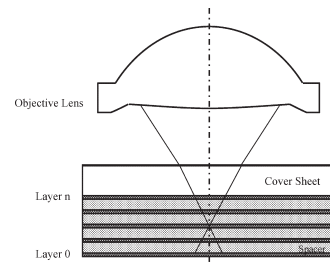
10 スパン伝送後の QPSK 受信信号のコンスタレーション図。(a) (b) はそれぞれ SPM 補償前/後、(c) (d) SPM 補償前後の 16-QAM 受信信号。

多層再生専用光ディスク構造に関する提案

Proposal for a Multilayer Read-Only-Memory Optical Disk Structure
[I. Ichimura, K. Saito, T. Yamasaki and K. Osato: Appl. Opt., 45, No. 8 (2006) 1794-1803]

光記録における記録容量の大容量化の手段として、ディスクの多層化は有効な手段のひとつである。しかし、ディスクの多層化には、ディスク表面と各情報記録層との距離が異なるため、光路差に伴う球面収差が発生する問題や、隣接する記録層との多重反射、層間干渉による信号劣化などの問題がある。著者らは、多重反射を考慮したスカラー回折モデルを用いて、多層光ディスクの再生信号を解析し、各層からの迷光の影響を抑える受光素子の大きさ、最適な多層ディスク構造を提案した。10 μm 以上の層間距離を確保すること、厚さの異なる中間層を構成することで、多重反射、層間干渉を軽減する。各層での球面収差はエキスパンダーレンズで補正し、エキスパンダーレンズの補正範囲内において8層の多層化を実現。Blu-ray disc 光学系をベースとした、開口数0.85の対物レンズ、波長405 nmの青紫色半導体レーザーを用いて、8層200 Gbyte (各層25 Gbyte) の記録容量を達成した。また、提案された構造の多層ディスクを試作し、すべての記録層で7%以下の良好な再生ジッター値を得ている。(図16, 表1, 文献17)

本論文は、開口数の高いBlu-ray disc 光学系であっても、多重反射による影響をスカラー回折モデルで十分再現可能であることを示している。計算コストの面で優位なスカラー回折モデルの適用範囲を見極める点でも、非常に興味深い。(山中 健三)



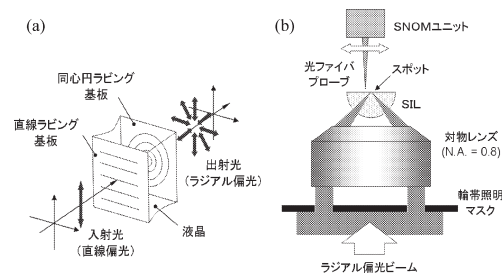
多層光ディスクモデル

固体浸漬レンズにおける放射状偏光ビーム集光特性の実験的研究

Experimental Research on Focusing Property of Radially Polarized Beam on Solid Immersion Lens
[Q. Li, J. Wang, J. Xu, J. Xi and G. Jin: Opt. Rev., 13, No. 4 (2006) 283-287]

光の回折限界を超えた微小スポットによる局所照明技術は、光学顕微鏡のみならず、光記録媒体の大容量化においても重要な研究課題である。本論文は、ビーム断面内に放射状の偏光分布をもつ光 (ラジアル偏光) を固体浸漬レンズ (SIL: solid immersion lens) 上で集束させることで、微小なスポットを実現する手法について述べている。ラジアル偏光は、液晶を用いた偏光変換素子によって得ている。実験はHe-Neレーザー (λ=632.8 nm) を用い、「直線偏光」「ラジアル偏光」「SIL底面上でエバネセント波となるよう輪帯マスクを通したラジアル偏光」の3通りのビームを長焦点対物レンズで集光し、SIL底面に形成されたスポットの光強度分布を近接場顕微鏡の原理で測定する。これらと比較した結果、ラジアル偏光、および輪帯エバネセント照明のラジアル偏光により得られたスポットサイズは、直線偏光によるスポットのそれぞれ75~80% (直径約400 nm)、35~45% (直径約200 nm) が得られ、本手法の超解像技術、高密度記録技術への有効性を示す結果となっている。(図9, 文献15)

ラジアル偏光によるスポットサイズの縮小化は、これまで解析的議論がなされていたが、本論文はそれを実験的に検証している点で興味深い。今後、SIL上スポットの縦方向の到達距離や偏光分布の検証にも期待が寄せられる。(沼田 孝之)



(a) 液晶ラジアル偏光素子, (b) スポットサイズの測定法

フレネルレンズアレイを用いた三次元インテグラルイメージング

3D Integral Imaging Using Diffractive Fresnel Lens Arrays

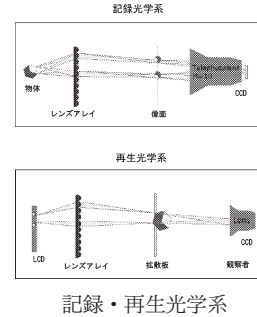
[M. Hain, W. von Spiegel, M. Schmiedchen, T. Tschudi and B. Javidi: Opt. Express, 13, No. 1 (2005) 315-326]

三次元表示技術のひとつであるインテグラルイメージングは三次元物体をマイクロレンズアレイやピンホールアレイを用いて二次元センサーで受光・記録し、記録された二次元画像アレイから三次元物体を再構成する技術であり、焦点深度や画角特性を同時に向上する技術に関する研究が行われている。著者らは、試作した位相型や振幅型のバイナリーフレネルレンズアレイをインテグラルイメージングシステムに用い、二次元センサーで受光・記録された画像のコントラストやシャープネスなどの光学特性を従来から用いられるマイクロレンズアレイやピンホールアレイのそれと比較し、バイナリーフレネルレンズアレイの可能性について言及している。また、多焦点のバイナリーフレネルレンズアレイを用いたインテグラルイメージングシステムにより得られた三次元物体の再構成画像では、焦点深度と画角特性を同時に向上することができたことを示す初めての実験結果であると著者らは述べている。(図13, 表2, 文献19)

多焦点レンズアレイを用いた三次元再構成画像の焦点深度と画角特

性の向上化実験をバイナリーフレネルレンズでアプローチしているところは面白い。今回はバイナリタイプのフレネルレンズを用いていたが、より複雑な光学素子を用いてさらなる光学特性の向上を期待する。

(野村 英司)



光コンベヤーベルト

Optical Conveyer Belt for Delivery of Submicron Objects

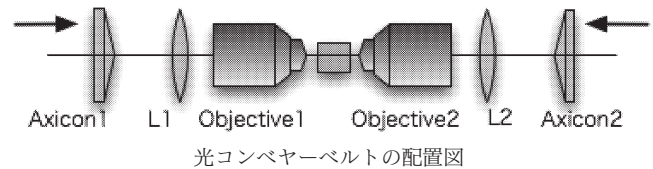
[T. Cizmar, V. Garces-Chaves and P. Zemanek: Appl. Phys. Lett., 86, No. 17 (2005) 174101-1-174101-3]

光ピンセットは微小粒子または細胞等を三次元的に閉じ込めることができるが、軸方向の正確な位置の制御や輸送は困難であった。本論文では、対向するベッセルビームを干渉させて定在波を作り、その位相差を変化させて粒子を軸方向に長距離 (250 μm) 移動させることに成功している。強く集光した gaussian ビームのレイリー長はきわめて小さいので、Gaussian ビームを用いた場合では移動距離もその程度に限定されてしまうのに対し、ベッセルビームは微小スポットを長距離にわたって維持できる。複数の粒子を三次元的に同時に捕捉し、その間隔を保ったまま、あたかもベルトコンベヤーのごとく移動させることができた。軸方向とそれに垂直な方向の閉じ込めの強さの比は2以上であった。これは、単一の Gaussian ビームによる閉じ込めに比べ10倍であり、軸方向に強く閉じ込められていることがわかる。(図4, 文献13)

対向ビームの干渉を用いるため、軸方向には波長の半分程度の精度で制御することができる。長距離の輸送が可能であり、原子や分子の

トラップにも応用できる可能性がある。

(岡村 秀樹)



光コンベヤーベルトの配置図

超高速非走査タイムドメイン OCT による三次元イメージング

Three-Dimensional Imaging by Ultrahigh-Speed Axial-Lateral Time Domain Optical Coherence Tomography

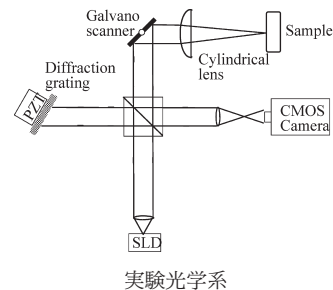
[Y. Watanabe, K. Yamada and M. Sato: Opt. Express, 14, No. 12 (2006) 5201-5209]

OCT (optical coherence tomography) を利用した生体イメージング技術は、空間分解能の向上、測定されたイメージからさまざまな物理情報を導出するための新規的な方法など、近年盛んに研究されている。この論文では、三次元 OCT イメージング技術の高速化を実現する方法が提案され、人間の指の三次元イメージが示されている。図において、コリメートされた SLD 光がビームスプリッターで物体光と参照光に振幅分割される。物体光は、シリンダカルレンズにより垂直方向にライン状の光として測定対象に照射される。参照光は、リトロ配置された回折格子に入射され、+1 次光が参照光として検出系へ導かれ、水平方向に連続的な光路差が生成される。CMOS のハイスピードカメラは、垂直方向に測定対象の垂直方向、水平方向に測定対象の奥行き方向の白色干渉信号を撮像する。回折格子が取り付けられている PZT は、撮像レートの 1/2 の周波数で変位しており、干渉信号に 0, π の位相シフトが与えられている。2つの干渉信号の差から、反射率分布を含んだ垂直方向の OCT 断層画像が得られている。

(図7, 文献24)

1500 fps の垂直方向の OCT 断層画像 (512×512 pixels) と、ガルバノミラーによる水平方向の走査を加えた、1秒に6つの三次元イメージ (512×250×512 pixels) の結果が示されており、さらなる高速化が期待される。

(小野寺理文)



実験光学系