

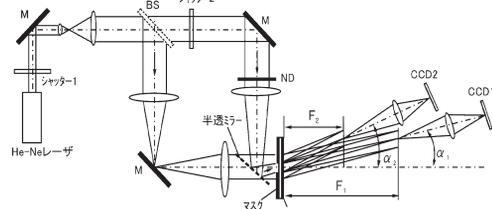
非線形ホログラフィックレンズアレイを用いたレンジ拡大シャック・ハルトマン波面センサー

Extended-Range Shack-Hartmann Wavefront Sensor with Nonlinear Holographic Lenslet Array  
 [D. V. Podanchuk, V. P. Dan'ko, M. M. Kotov, J.-Y. Son, Y.-J. Choi: Opt. Eng., 45, No. 5 (2006) 053605]

シャック・ハルトマン波面センサーは、天体望遠鏡における空気ゆらぎや鏡面歪みの補償、生産現場における光学部品の検査等に使用されている。波面センサーの分解能は、センサーを構成するレンズアレイの焦点距離に比例するが、最大測定角はレンズアレイのサブアパチャーサイズで制限を受けるため、角度ダイナミックレンジを大きくできなかった。本論文では、非線形二重焦点ホログラフィックレンズアレイ (HLA) を用いることで、この問題を解決している。図に示すように、物体光を感光材に対して偏向させてホログラム記録すると、被測定光が焦点距離  $F_1=80\text{ mm}$  の一次回折光および  $F_2=40\text{ mm}$  の二次回折光に分かれて結像する二重焦点ホログラフィックレンズアレイを作成できる。2つの回折光の回折効率を、ホログラム記録時の露出時間と現像時間を制御することで確保される。2つの CCD 上でそれぞれの焦点距離のスポット像の基準位置からのシフト量を計測し、80 mm (精密測定光路) と 40 mm (ラフ測定光路) の両データを同時処理して波面の傾きを算出する。同時処理の測定結果は、単体の焦点距

離での測定結果に対して角度ダイナミックレンジが2倍以上拡大することを確認した。(図6, 表2, 文献7)

本論文は、簡単な構成、データ処理で、従来の課題を解決した点が興味深い。角度ダイナミックレンジの拡大は、大きな波面収差をもつ光学部品の検査において特に有効となるだろう。(河村 淳)



ホログラム記録時および測定時の実験配置

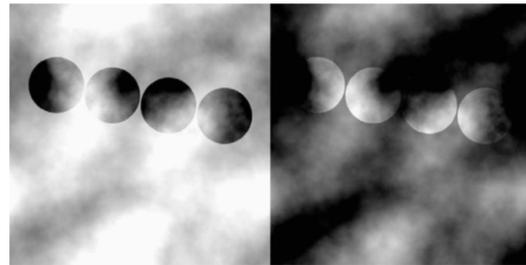
画像分離と明度知覚

Image Segmentation and Lightness Perception  
 [B. L. Anderson and J. Winawer: Nature, 434, No. 7029 (2005) 79-83]

対象の見かけの明るさは背景に依存することは知られているが、その原因は明らかにされていない。本論文では、不均一な輝度分布の対象を用いた新しい明るさ知覚の錯視を考案し、明度知覚と対象の層の分離の関係について明らかにした。同一の対象に対し、一方は対象より背景が常に明るい条件、もう一方は対象より背景が常に暗い条件を用いた。また、対象と背景のコントラストは境界線に沿って連続的に変化している。観察者は各々の対象に対して知覚される明るさにマッチング刺激の輝度を調整する。その結果、前者は対象の最小輝度と、後者は対象の最大輝度とほぼ一致した。統制実験として単純な対比の影響を調べるため均一な灰色の対象を用いたが、背景の違いによる明るさ知覚の変化は生じなかった。これらの結果から、この錯視は単純な対比効果では説明できず、明度知覚には層イメージ表現の基礎をなす分離処理が重要な役割を果たすことが明らかとなった。(図3, 文献18)

人間の視覚系は見たまを知覚するのではなく、周囲を考慮して柔軟に適応していることをあらためて実感させられる錯視である。

(瀬川かおり)



明度知覚の錯視例。左右の画像の4つの円盤は物理的には同一となっている

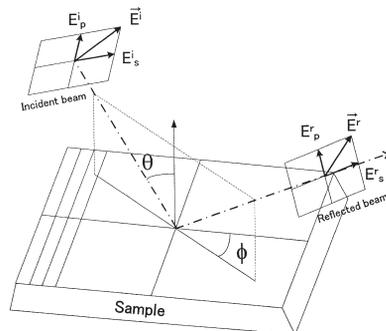
円錐回折条件でのミュラーポラリメトリーのマイクロエレクトロニクスにおける線幅測定への応用

Application of Mueller Polarimetry in Conical Diffraction for Critical Dimension Measurements in Microelectronics  
 [T. Novikova, A. De Martino, S. B. Hatit and B. Drévilon: Appl. Opt., 45, No. 16 (2006) 3688-3697]

半導体回路の微細化に伴い、構造よりも大きな波長の光を用いた光学測定により加工形状を測定する必要性が増している。分光エリプソメトリーなどにより線幅を測定する方法は知られているが、多くの形状パラメーターを決定するのは困難である。著者たちは円錐回折配置でミュラーポラリメトリーを行うことにより、高精度での形状測定を試みた。シリコン基板上に形成した誘電体一次元グレーティングに対して波長、パターンに対する入射方位角を変化させてミュラーマトリックスを測定し、厳密結合波解析による結果と照合して形状パラメーターの決定を行った。従来の方法では一部のパラメーター、例えばパターンの上端と下端での線幅を区別して計測することは困難であったが、方位角を変化させて測定することによりこれらを独立して測定できること、また異なる方位角のデータを比較することにより結果の信頼性が向上することなどを示した。(図11, 文献19)

程度の情報が得られるのかも、興味深いところである。

(塚本 宏之)



円錐回折配置によるパターン測定概念図

高速測定が可能な光学測定により断面形状が正確に測定できれば、実用上の利便性が大きい。また、入射極角の変化も含めた場合

画像の DC 成分を記録しない同軸ホログラフィックメモリー

Coaxial Holographic Data Storage without Recording the dc Components

[S. Yasuda, K. Kawano, J. Minabe, Y. Ogasawara, K. Hayashi, K. Haga, H. Yoshizawa and M. Furuiki: Opt. Lett, **31**, No. 17 (2006) 2607-2609]

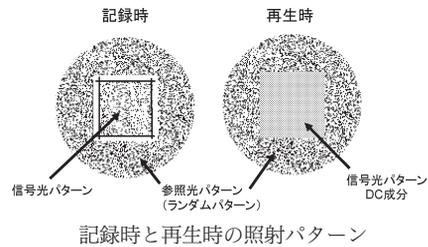
ホログラフィックメモリーにおいてフーリエ変換プログラムを記録する場合、平面波ホログラムの記録時に比べて多重度の指標である  $M/\#$  が 2~10 倍小さくなるということが報告されている。これは、フーリエ変換された画像の光強度分布が記録媒体中において一様でないことに起因している。特に画像の DC 成分 (0 次成分) は他のフーリエ成分と比べて強度が強いため、多くの  $M/\#$  を消費すると考えられる。

本論文では、同軸ホログラフィックメモリーにおいて  $M/\#$  の消費を抑えるために画像から DC 成分を除いてプログラムを記録し、元の画像を再生する手法を提案している。通常、画像の DC 成分を除いてプログラムを記録すれば、再生像のコントラストは低下してビットエラーレートが増加する。提案された手法では、図のように適当な位相と光強度をもたせた記録画像の DC 成分を読み出し光に付加してプログラム再生を行う。これにより屈折率格子によって回折された高次の信号光成分と付加した DC 成分が干渉によって重ね合わされ、コントラストのよい元の画像を得ることができる。実験では DC 成分を除か

ない従来の記録再生方法で得られるビットエラーレートと同等な再生像を得ることができた。(図 4, 文献 7)

現在、ホログラム記録媒体の材料開発では  $M/\#$  の改善はひとつの大きな課題となっている。本手法のようにシステムの側から  $M/\#$  の消費を減らそうとする試みは重要であり、大変興味深い。

(藤村 隆史)



記録時と再生時の照射パターン

三次分散補償によるイッテルビウムファイバーレーザーからの 10 サイクルパルス発生

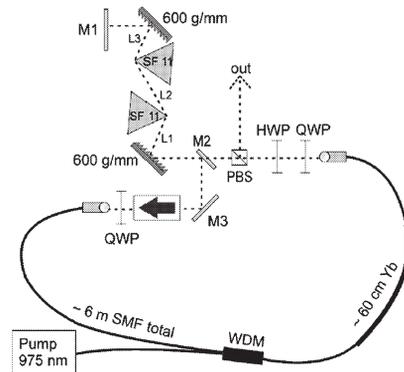
Generation of Ten-Cycle Pulses from an Ytterbium Fiber Laser with Cubic Phase Compensation

[J. R. Buckley, S. W. Clark and F. W. Wise: Opt. Lett., **31**, No. 9 (2006) 1340-1342]

ファイバーレーザーは、コンパクトで安定なフェムト秒パルス光源として注目を集めているが、従来の固体レーザーに比べパルスエネルギーが低く、パルスの品質が悪いことが問題であった。イッテルビウムファイバーの波長域 (1030 nm) では、共振器内の二次分散を補償するために一般に回折格子対が用いられるが、回折格子対の三次分散は媒質の三次分散と同符号であるため、補償されずに残った三次分散がパルス波形の劣化を招いていた。本論文では、回折格子対の間にプリズム対を挿入する配置を導入し、二次分散と三次分散を同時に補償することに成功し、裾のないきれいなパルス波形を実現し、パルス幅はほぼフーリエ限界の 33 フェムト秒 (10 サイクル) を得ることができている。(図 3, 文献 14)

簡便な光学配置を導入することにより、裾のないきれいな波形を実現し、ファイバーレーザーとしての最短のパルス幅を得ており、ファイバーレーザーの将来性に大きく貢献する成果である。

(吉富 大)



三次分散補償ファイバーレーザーの構成

マイクロメータスケール電気-光シリコン変調器

Micrometre-Scale Silicon Electro-Optic Modulator

[Q. Xu, B. Schmidt, S. Pradhan and M. Lipson: Nature, **435**, No. 7040 (2005) 325-327]

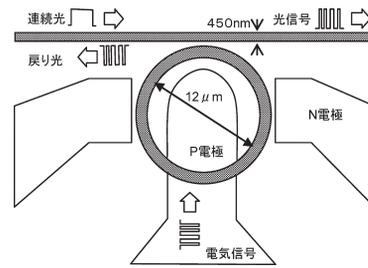
このままトランジスターがどんどん小さくなっていけば、チップ間の情報のやり取りの速さは金属線が律速してしまう。そこで低消費電力かつ高速でデータのやり取りが可能な光インターコネク트가注目されている。光インターコネクつでは CMOS チップ上に集積化が可能なシリコンベースの光源や変調器などの光デバイスが必要となる。

今回、著者らは超小型の電気-光シリコン変調器を作製し、それを高速変調で動作させる実験に成功した。この変調器は幅 450 nm のシリコン導波路と直径 12  $\mu$ m の P-I-N リング共振器で構成されている(図)。このとき、シリコン導波路を伝搬する連続光の周波数と、リング共振器の共鳴周波数を一致させる。この状態で電流注入によりリング共振器の屈折率を変化させ、共振周波数をシフトさせることにより連続光の変調を行う。実験では、-2.8 V~4.1 V の間で 1.5 GHz で変動する 127 ビットの非ゼロ復帰電気信号を用いて、連続光を変調することに成功した。(図 4, 文献 29)

光変調器は光源と並んで光インターコネクつ実現に必要なデバイス

のひとつである。今後はさらに数十 GHz の高速変調が求められる。またリング共振器は、共振周波数をいかに所望の周波数に歩留まりよく生産するかが課題であり、製品化までにはまだ時間を要することが予想される。

(深町 俊彦)



電気-光シリコン変調器