

## IWHM&amp;D 2010 ショート速報 [多層/近接場光ディスク]

的場 修 (神戸大学)

会議名 : International Workshop on Holographic Memories &amp; Display 2010 (IWHM&amp;D 2010)

開催期間 : 2010 年 11 月 15 日 - 16 日

開催場所 : Institute of Industrial Science, University of Tokyo (東京都, 日本)

\*\*\*\*\*要 約\*\*\*\*\*

今年の IWHM&D2010 (ホログラフィックメモリとディスプレイシンポジウム) は東京大学生産技術研究所にて開催された。今回で4回目の会議であるが、会議でのセッション構成は、ホログラフィックメモリ、ホログラフィックディスプレイにデジタルホログラフィーが加わった。ホログラフィックメモリに関しては、ビット型メモリの発展系としてのマイクロホログラムにおいて実装システムの構築に関する進展があり、ページ記録型メモリでは位相情報を用いた記録容量向上について複数の報告があった。ディスプレイ及びデジタルホログラフィーではホログラフィー技術を核として、情報ディスプレイ及び高速3次元計測への応用が着実に進んでいることが伺えた。

\*\*\*\*\*

## 1. はじめに

IWHM&D 2010 は、東京大学生産技術研究所にて 11 月 15 日から 16 日までの 2 日間にわたって開催された。参加者は 80 名で、日本 59 名、韓国 9 名、ドイツ 4 名など、8 カ国からの参加があった。この会議は 4 回目である。今年の会議では、56 件 (招待講演 12, 口頭発表 25 件、ポスター 19 件) の発表が行われ、主としてホログラフィーをベースとした応用研究である光メモリ、デジタルホログラフィー計測、そしてディスプレイに関する最新の研究成果が報告された。本速報ではこれらの 3 つのトピックスについて報告する。

## 2. ホログラフィックメモリ

ホログラフィックメモリに関する最近の研究動向として、マイクロホログラムが注目されている。基本的にはマイクロホログラムは従来のビット型データ読み出しのように、記録材料中に 1 ビットの情報を対向ビームによる反射型ホログラムとして記録する。記録材料の 3 次元領域内に記録することができるため、多層型ディスクと同様に記録容量を増大化させることが可能となる。ドイツの Technische Universitaet Berlin の Orlic はマイクロホログラムを用いたシステム開発に向けての指針を示し、その開発状況を報告した。開発指針では静的状態での記録再生テスト、記録メディアテスト、収差テスト、光源(LD)テスト、動的テストの 5 つに分類している。実際に 11 $\mu$ m 間隔で記録再生した実験結果の報告があった。日立のグループからは、マイクロホログラムにおいて位相情報を用いて情報量を増やす講演があった。位相検出にはホモダイン検出を用いるため、ノイズを低減し高精度で検出が可能である。波長 405nm のレーザーダイオードを用い、4 レベルと 8 レベルの位相読み出しが可能であることを実験的に実証している。実験での LD のコヒーレンス長は 100 $\mu$ m 程度であり、読み出しパワーは 0.3mW 程度である。

ページ型ホログラフィックメモリでは、こちらも位相情報による記録容量向上の取り組みの講演があった。

豊橋技術大学のグループでは、コリニア方式によるホログラフィックメモリにおいて、信号に位相情報を用いる Phase-lock を導入することで、目標としては 1 画素に 256 レベルの位相を用いることを掲げている。4x4 画素に 3 つの ON 画素を用いる 3:16 の振幅コーディングでは、符号化によりビット誤り率を低減させることができるが、符号化による情報量は 1/2 となる。位相情報を用いることで 1 画素あたりの情報量は 4 ビットに増加させることができる。実験では、位相 16 レベルは再生可能で、32 レベルでは明らかに再生可能であるとは言えない結果であった。実験での位相エラーは 2~8%程度あった。位相情報の付加による記録容量の向上は一つの大きな方向性である。コリニア方式では、台湾の National Central University のグループからリングアレイによる位相マスクを用いた参照光によって信号対雑音比(SNR)が向上する報告があった。コリニア方式では、参照光がリング状に配置され、それにランダム位相分布を用いる方式、放射状パターンを用いる方式等がある。このグループはマイクロレンズアレイによる位相パターンにより SNR が放射状パターンに比べて、2.3 dB から 63.1 dB に飛躍的に向上するとの結果を示した。原理について直感的な説明が不十分であるため、今後の研究により原理の解明に期待したい。

日立と InPhase Technologies のグループは、開口シフトと角度多重による記録方式 (ポリトピック多重) において集積化モジュールによるホログラム記録密度の報告を行った。実験では、ホログラムサイズ 308 $\mu\text{m}$  で 610Gbit/in<sup>2</sup>の記録密度(500GB相当)を達成している。そのために角度多重記録においては、角度間隔を最適化しており、1 つの Book と呼ばれる記録領域内で SNR の平均が 3.4dB、10 Books の平均 SNR が 2dB 以上を実現している。

また、フランスの Univ Paris-Sud のグループからは新しい記録方式として、反射型ホログラムの一つであるリップマンタイプのホログラムでページデータを波長多重で記録する方法が提案された。初期の提案実験段階で 3 波長(473nm, 532nm, 650nm)でのページ記録を 6  $\mu\text{m}$  と 12 $\mu\text{m}$  の厚さの銀塩フィルムで行っている。

### 3. デジタルホログラフィー

近年、レーザー光源とデジタルイメージセンサー、PC からなる簡便な系で、高速に 3 次元計測を行うことのできるデジタルホログラフィーの研究が盛んに行われている。デジタルホログラフィーは、ホログラフィーの原理に基づく 3 次元物体情報の瞬時記録と計算機再生による 3 次元物体の定量的評価を可能にした点が特長である。産業技術総合研究所の有本らのグループからは、デジタルホログラフィーによるフォトポリマー中に形成された屈折率変化分布の測定結果が示された。

デジタルホログラフィーの種類として、信号光の複素振幅情報のみを抽出し、高空間分解能とともにノイズの少ない計測ができるよう、位相シフト干渉計測を導入する「位相シフトデジタルホログラフィー」がある。通常、物体光の複素振幅情報を求めるためには、参照光の位相遅延量を少なくとも 3 つ以上用いる必要がある。参照光に特定の条件を付加することで参照光の位相遅延量を 2 つにする方法も提案されている。いずれにしても時間的に参照光の位相を変化させる場合には、測定タイムラグが生じるため、動的現象に適用できない問題があった。これを解決するために、位相シフト法に必要な位相遅延を空間分布に展開する並列位相シフトデジタルホログラフィーの研究がある。この場合に、参照光の空間位相遅延分布をどのように実現するかが重要となる。スペインの University Jaume 1 のグループは、タルボット効果により、振幅変調された格子パターンから 1/4 タルボット距離離れた位置に 0,  $\pi/2$ ,  $\pi$  の空間位相遅延分布が周期的に形成されることを利用し、空間並列位相シフトデジタルホログラフィーを実現する方法を提案した。3 原色を用い

た実験を行っており、精度的には不十分であるものの、実装として期待できる方法である。和歌山大の野村らは、参照光の空間位相分布がランダムな場合にでも予め参照光位相分布を計測することで、空間並列位相シフトデジタルホログラフィーが実現できることを実験及びシミュレーションで実証した。京都工芸繊維大学の栗辻らは並列位相デジタルホログラフィーにおいて、 $(0, \pi/2)$ 変調の2ステップと $(0, \pi/2, \pi, 3\pi/2)$ 変調の4ステップにおける空間周波数帯域幅の比較を行い、2ステップ型が良好であることを図的に明らかにした。

#### 4. ディスプレイ応用

東京工業大学の石井氏は、ホログラフィーの芸術応用に関して長年活動を進められている。特にホログラムを屋外に展示しておく場合に、太陽光による材料劣化が大きな問題であることが述べられ、銀塩材料等では寿命は3年程度であるとの報告があった。屋外ではホログラムからの再生像と実世界の情報を重ね合わせたミックスリアリティにより新しい芸術作品や広告などの展開が図られており、材料問題は大きな課題である。ドイツの SeeReal 社のグループは、薄型の電子ホログラフィー3次元ディスプレイの開発のために薄型モジュールを提案し、プロトタイプを試作を行っている。薄型モジュールでは、位相型空間光変調素子と隣接画素からの光を結合するビームコンバイナーにより振幅と位相変調が可能になる。また、2つの動的二次元回折格子を直交させて用いることでビーム振れ角を大きくする構造となっている。今後のホログラフィックディスプレイの実現に向けての素子として期待したい。

#### 5. おわりに

IWHM&D は初期にはホログラフィックメモリに特化した Workshop であったが、光メモリ自体が、他の競合技術との優位性が失われつつある中で、ホログラフィーという技術を軸にディスプレイや計測応用へ範囲を広げて来た。デジタルホログラフィーのように、デジタルイメージセンサーの高性能化とコンピュータ計算パワーの飛躍により、3次元計測技術として新しい発展を遂げたものもある。ディスプレイ応用にしても、スーパーハイビジョンのように高画質化のための空間光変調素子の更なる進展も望まれる。また、微細加工技術により数 m 角のホログラムも作成可能となっている。新しい産業応用に向けて、ホログラフィーというキーワードを元に、専門家により深い議論ができるワークショップであると同時に、ホログラフィーを知らない方にも参入のきっかけとなる会議であると思います。