

最近の技術から

バイナリー光学素子の光情報処理への応用

小館 香 椎 子

日本女子大学理学部数物科学科 〒112 東京都文京区目白台 2-8-1

1. ま え が き

バイナリー光学素子は波面変換機能に加えて平面構造素子であり、かつ小型で設計の自由度も大きく、一体化、集積化が容易などの特徴から、他のデバイスと組み合わせた応用の可能性をもっている。たとえば、光情報の高密度並列性への対応や、光回路と電子回路などを空間的に接続する多数並列使用などが検討されている^{1,2)}。本稿ではこのバイナリー光学素子の作製と大開口液晶光ビーム偏向器用アレイリミネーターへ応用した筆者らのグループの研究例について紹介する。

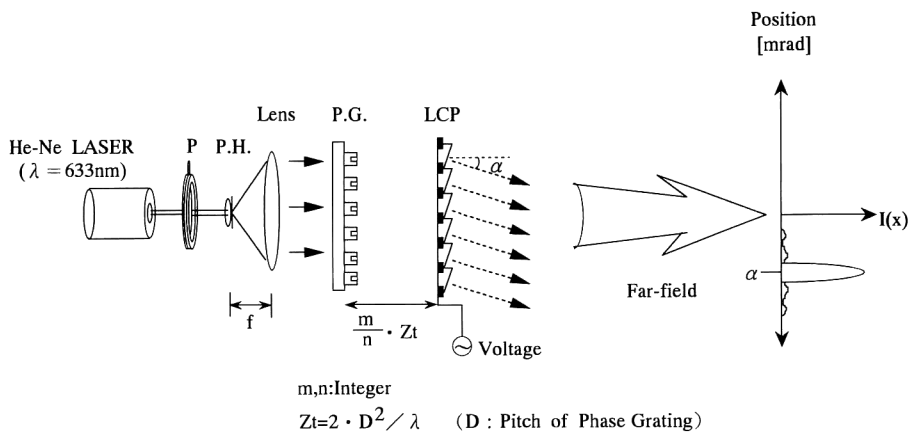
2. バイナリー光学素子

バイナリー光学素子は、レンズの丸い形状から波面変換機能に影響しない部分を取り除いたのこぎり歯状断面を 2^N レベルで階段状に位相を近似し、高効率化にはレベル数を増加し、近似の精度をあげて設計する。Fresnel-Kirchhoffの回折理論などを用いた数値解析で、4レベルで81%、さらに、8、16レベルでそれぞれ95%、98%と効率が向上し波面収差も小さく回折限界に

近い結像特性をもつことが確かめられている。作製は、通常は電子ビーム描画マスクを用い、マイクロソグラフィ法によるパターンニングとドライエッチング法で行う。現在この手法では1位相レベルの幅は $2\mu\text{m}$ 前後、パターン精度は $0.1\mu\text{m}$ くらいといわれている。そのためNA値の大きな素子では、現在の作製技術の範囲で最小位相レベル幅を決め、たとえば、中心部分を8レベル、外周を4レベルとするなど、異なったレベルを組み合わせ、80%を越す効率の素子を再現性よく作製する工夫がされている^{3,4)}。

3. 光情報処理への応用—液晶光ビーム偏向器用アレイリミネーター

人工衛星間など、宇宙空間における高速光信号伝送を実現するために、光ビームの伝搬方向を正確に制御する素子の高性能化と実現が望まれている。図1に設計・試作した実時間制御のアレイ型液晶光ビーム偏向システムの構成を示す⁵⁾。狭いストライプ状の電極で挟んだホモジニアス液晶セルをアレイ状に並べて、液晶セルを低電圧(1~3V)で線形に駆動させ、ブレース型位相変調



P: Polarizer, P.H.: Pin Hole, P.G.: Phase Grating, LCP: Liquid Crystal Panel, α : Angle of Deflection

図1 液晶光ビーム偏向システムの構成

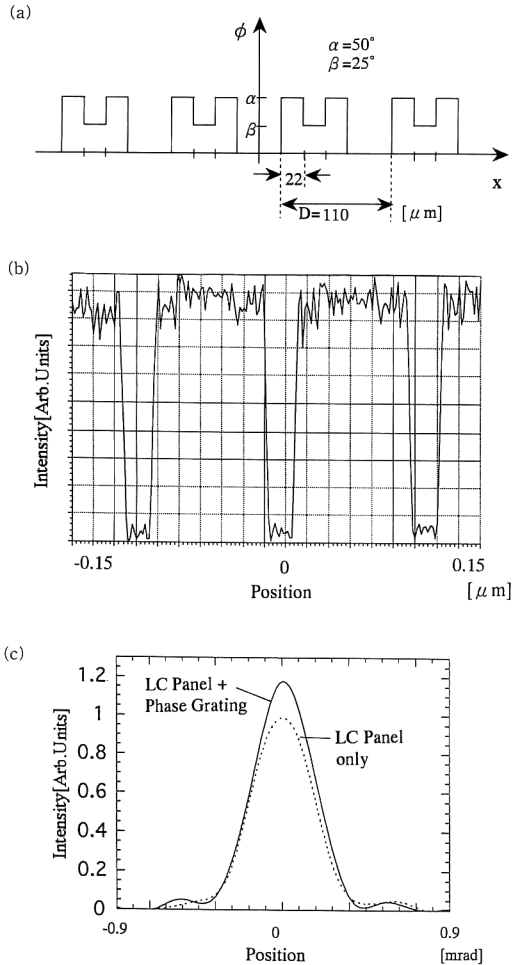


図2 液晶光ビーム偏向器用アレイイルミネーター (a) 3レベルバイナリー光学素子の位相分布, (b) near fieldの光強度分布(実験結果) ($Z=3/10Z_t$, Z_t : タルボット距離), (c) far fieldのメインローブ (実験結果).

分布を与え、このブレイズ格子の周期を変化させて光ビームの実時間偏向を行っている。しかし、この電極領域により光エネルギーの損失や歪みが生じるので、図2(a)に示すような位相変調振幅分布をもつ3レベルバイナリー光学素子のタルボットアレイイルミネーター(AIL)を用い、入射光の波面制御を行っている。このAILは、86%と大きな開口比の液晶セルを均一照射す

るように、 $3/10$ タルボット距離 ($Z_t=2D^2/\lambda$, D : 格子ピッチ)では、デューティー・サイクル値が80%の矩形型光強度分布をもち(図2(b))、遠方領域ではメインローブに対するサイドローブの比が低くなるように設計されている。また、AILを液晶セルの前に挿入した遠方領域での出射メインローブの効率、図2(c)のように挿入前と比べ20%も高くなり、2レベル位相格子(開口比:50%, 位相変調振幅:50°)をAILとした場合の3%の向上と比べ、3レベルバイナリー光学素子の著しい高性能性を示している⁶⁾。今後位相補償を検討し、実時間光ビーム偏向器システムに組み込む予定である。

4. おわりに

バイナリー素子を実設計・作製し、大開口液晶光ビーム偏向器用アレイイルミネーターへ適用した3レベル光学素子の例をあげ、その有用性について述べた。作製技術の向上によりCD用コリメーター、自由空間インターコネクションや光クロックパルスジェネレーターなどの高性能化や分岐・結像用素子のハイブリッド化など、今後一層の応用が期待される。

文 献

- 1) W. B. Veldkamp and G. J. Swanson: "Developments in fabrication of binary optical elements," Proc. SPIE, **437** (1983) 54-59.
- 2) 小箱香椎子: "バイナリーレンズアレイとその光情報処理への応用", 日本光学会第30回記念サマーセミナー論文集(1993) pp. 1-18.
- 3) 小箱香椎子, 下村恭子, 大矢百合: "バイナリー光学素子の設計・作製と光演算への応用(II)", 光学連合シンポジウム東京'95講演予稿集(1995) pp. 41-42.
- 4) 佐脇一平, 三浦道雄, 石川芳朗, 安部文隆: "軸外し光学系によるバイナリレンズアレイ結晶系の高コントラスト化", 光学連合シンポジウム東京'95講演予稿集(1995) pp. 43-44.
- 5) W. Klaus, S. Uehara, M. Tsuchiya and T. Kamiya: "Multi-wavefront generation with homogeneous nematic liquid crystal panels using distributed resistive electrodes," Technical Digest CLEO/Pacific Rim '95, 159 (1995) p. 59.
- 6) K. Kodate, W. Klaus, M. Kanamori, S. Morokawa and T. Kamiya: "Theoretical and experimental evaluation of array illuminators for large aperture phase-only spatial light modulators," Proc. SPIE, **2577** (1995) 165-175.

(1995年8月24日受理)