

最近の技術から

反射型ブロック光学系

宮崎 大介・谷田 純・一岡 芳樹

大阪大学工学部応用物理学科 〒565 吹田市山田丘 2-1

1. ま え が き

自由空間光伝播を利用した光コンピューティングシステムの実現のためには、高精度な素子アライメント、安定性・信頼性の確保等の要求に応える実用的な光学系実装技術の開発が重要である。近年、3次元光学系の集積化に関する研究が活発化しているが、それらの多くはレンズ口径がサブミリレベルの微小光学に基づいている。しかし、光学系の並列情報処理能力を利用する場合、微小化につれて、空間帯域幅積や、像面の範囲、入・出力面間距離が減少するため、大量配線や遠距離画素間の接続に有利な光配線の特長が活かされなくなる。したがって実装技術として光学系の微小化を進めるだけでなく、比較的大きな口径のレンズ（例えば、数～数十 mm レベル）を含めた適度なサイズの光学系の実装を検討することが重要となる。

そのような光学系にも適用できる実装技術として、光学系の空間部分を透明固体媒質で充填するソリッド光学系が提案されている^{1,2)}。しかし、固体媒質間の屈折率差をあまり大きく取れないため、多くの屈折面を組合せてレンズを作製する必要がある。ここでは、ソリッド光学系の特長を残し、反射光学素子の利用によりその欠点を解決している反射型ブロック光学系³⁾について紹介する。

2. 反射型ブロック光学系の原理

反射型ブロック光学系 (reflective block optics: REBOP) は、固体光伝播媒質と反射光学素子からなるブロックの組合せにより、固体化・一体化して構成される光学系である。具体的には、キューブ型偏光ビームスプリッタ (PBS) やガラスブロックを基礎ブロックとし、反射型レンズと組合せて構成する。図1に反射型ブロック光学系による $4f$ 光学系の構成例を示す。反射型レンズは、平凸レンズの凸面に反射膜を蒸着し、その内側を凹面鏡として用いたものである。図1において、入力面からP偏光を入射させると、PBSを透過して反射型レンズで反射される。次に、入射光は1/4波長板を2回通過してS偏光に変換されるため、PBSで反射されて反射型フィルタへ到達する。このように、反射のたびに偏光方

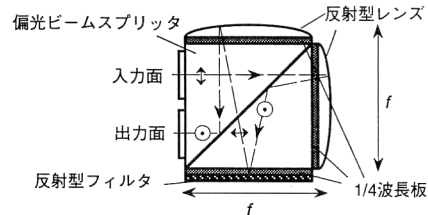


図1 反射型ブロック光学系を用いた $4f$ 光学系の構成例

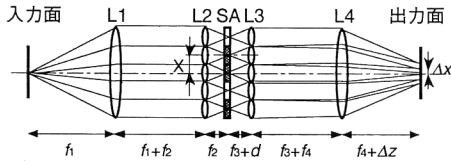
位を 90° 回転させて、損失なく光を伝搬させている。

反射型ブロック光学系は以下のような特長を持つ。

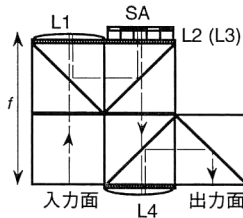
- 1) 固体化・一体化により信頼性・安定性が高い。
- 2) ブロックの端面に各素子を接着するため、素子アライメントを簡略化できる。
- 3) 凹面鏡によるレンズ作用は色収差を生じず、軸外収差が少ない。
- 4) 比較的大きな口径のレンズが使えるので、並列性・接続能力が高い。
- 5) 光路の折り畳みにより、光学系がコンパクトになる。
- 6) 屈折率差を利用したソリッド光学系よりもレンズシステムの構成要素数を減少できる。

3. 応 用 例

反射型ブロック光学系の応用例として、離散相関演算に基づく光コンピューティングシステムを考える⁴⁾。微小光学素子とマクロな素子を組合せた離散相関器として、図2(a)に示すような光学系が提案されている⁵⁾。この光学系は、マイクロレンズアレイにより入力画像を多数複製し、少しずつずらして再び重ね合わせることで、離散相関演算を実行する。シャッターアレイでマイクロレンズを選択することで、カーネルを制御することができる。この離散相関器に反射型ブロック光学系を適用すると、図2(b)のように構成できる。光アレイロジック等の光演算技術では、一つの入力に対して複数の離散相関演算を実行する必要があるため、相関器の多重化により処理効率を上げることができる⁴⁾。そこで、図3(a)に示すような、複数の相関器と、分配器、結合器からなる光コンピューティングシステムを考える。離散相関器として図2(a)と同様の光学系を用いる。この光学系に対して反射型ブロック光学系を適用すると、図3(b)に示すような光システムが構成できる。基礎ブロッ

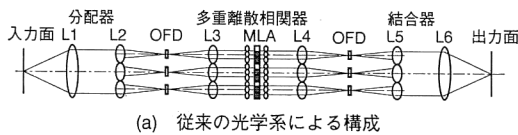


(a) 従来の光学系による構成

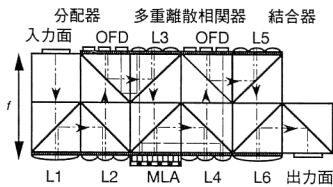


(b) 反射型ブロック光学系による構成

図 2 レンズアレイを用いた離散相関光学系
L1, L4: レンズ, L2, L3: レンズアレイ, SA: シャッターアレイ.



(a) 従来の光学系による構成



(b) 反射型ブロック光学系による構成

図 3 多重離散相関器と分配/結合器からなる光コンピューティングシステム
L1~L6: レンズ, OFD: 光機能素子, MLA: マイクロレンズアレイ.

の組合せにより、複雑な光学系をコンパクトで安定に構成することができる。

4. 基礎実験結果

反射型ブロック光学系により作製した $4f$ 光学系の基礎実験結果を示す。反射型レンズとして曲率半径 52mm の平凸レンズの凸面にアルミニウムを蒸着したものを用いた。焦点距離 f は曲率半径の半分の 26 mm となる。図 4 に実験光学系を示す。二つの PBS の接合面がフィルタ面となる。入力画像は、図 5(a) に示すような 5mm 角のパターンとし、He-Ne レーザーにより照明した。フィルタ面には入力画像を二つ複製し、片方を斜めにシフトさせるホログラフィックフィルタが設置されている。出力画像として所望の結果が得られている (図 5(b))。

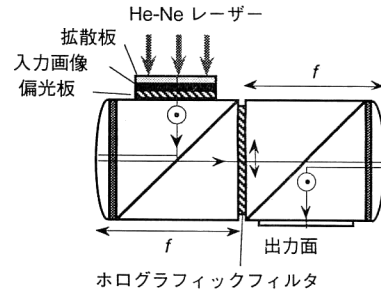
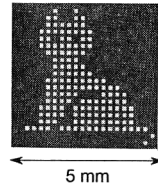
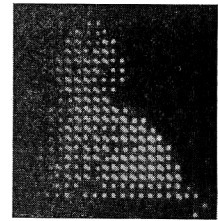


図 4 実験光学系



(a) 入力画像



(b) 出力画像

図 5 反射型ブロック光学系に基づく $4f$ 光学系の実験結果

5. む す び

光コンピューティングシステムにおける光学系の実装技術として、反射型ブロック光学系を紹介した。これは適度に小さなミニチュア光学系の構成を目指したものであり、従来の光学系からの移行は比較的容易である。基本的には既存の光学素子が利用されているが、集積化に適した各素子の最適設計と量産を考えた生産技術の開発が必要である。

文 献

- 1) H. J. Caulfield: "Solid optics: The application of precision manufacturing to small, complex optical systems," *Structural Mechanics of Optical System II*, Proc. Soc. Photo-Opt. Instrum. Eng., **748** (1987) 60-62.
- 2) M. Temmen and C. Hester: "Solid optical correlators," *Digital Optical Computing II*, Proc. Soc. Photo-Opt. Instrum. Eng., **1215** (1990) 422-431.
- 3) D. Miyazaki, J. Tanida and Y. Ichioka: "Reflective block optics for optical computing systems," *Optical Computing, 1993*, Technical Digest Series, **7** (Optical Society of America, Washington, D. C., 1993) pp. 30-33.
- 4) 福井将樹, 谷田 純, 北山研一, 一岡芳樹: "光並列演算における離散デジタル相関", 光学, **22** (1993) 137-141.
- 5) J. Tanida and Y. Ichioka: "Discrete correlators using multiple imaging for digital optical computing," *Opt. Lett.*, **16** (1991) 599-601.

(1993年11月29日受理)