



微小光学デバイスアレイ

浜中賢二郎*・西沢 紘一**

* 日本板硝子(株)筑波研究所 〒300-26 つくば市東光台 5-4

** 同 光事業部 〒229 相模原市西橋本 5-8-1

1. はじめに

面発光レーザー、SLM などさまざまな光機能素子アレイを用いて光システムを実現しようとする場合、これら能動素子と、マイクロレンズアレイ、HOE などの受動素子とをいかに上手く組み合わせてモジュール化していくかが重要な課題となる。本稿では、2次元パターン情報間を光学的に接続して光演算、大規模光交換などを行うことを想定して、 freespace 光インターコネクション実現に必要な光学デバイス技術と集積化実装技術を、われわれの研究を中心にしてパッシブな微小光学素子の立場から議論する。

2. 光学系集積化技術

freespace 光学系は一般に、①各光学系構成部品に対する $x, y, z, \theta_x, \theta_y, \theta_z$ の6軸の精密アライメント調整、②小型化、③温度変化、振動などに対する信頼性確保、④個別部品組立ての自動化、などの難しさが実用上の問題である。したがって、これらを解決するための光学系集積化技術との整合性を、光受動デバイス自身が兼ね備えている必要がある。このような光学系集積化技術の代表例としては、積層型¹⁾とプレナー型²⁾の2タイプがあげられる。半導体作製技術との整合性のよいことが後者の長所である反面、基板の平行度確保やレンズから見て傾斜する像面の低収差化など、実用上の精度・解像度の確保が課題と考えられる。一方、積層型は、プレナー型と比較するとアセンブリ技術への依存度がやや大きいものの、精度・解像度については有利であるといえる。積層型の実現のためには、レンズとして表面が平坦である屈折率分布型レンズが好適である。このとき、面と面との基本的な光接続をマイクロレンズアレイで実現する方法と、1個のレンズで行う方法とが考えられ、システム構成と用いるデバイスの仕様によって、どちらが好ましいかが異なってくる。前者に対しては平板マイクロレンズ (PML)^{1,3)} が有効であり、後者に対してはセルフフォックレンズ (SML)⁴⁾ を用いた集積化光

学系 (OBIS)^{5,6)} が期待される。

3. 平板マイクロレンズ

PML はフォトリソグラフィ技術とイオン交換技術によって作製され、光半導体素子アレイとの高精度アライメントが可能である。イオン交換条件の最適化により低収差化も可能であり、また、ROE (refractive optical element) 固有の冗長性により軸外収差も比較的低いレベルとすることができる。したがって、各マイクロレンズで、1対1点の光接続だけでなく、面情報の伝達も可能である。略半球状の屈折率分布によって NA は最大0.2程度まで作製可能であり、また、イオン交換表面の凸形状も併せて利用することにより NA~0.5 のレンズも作製可能である。レンズアレイによる光接続は、1対1接続の大規模並列化や隣接画素間光接続などに好適である。たとえば、半導体レーザーアレイとシングルモードファイバアレイとの光接続にカップリングレンズとして PML を用いることにより、光結合効率が向上し、また、アライメント精度が緩和されるなど、ファイバアレイ間や、ファイバアレイと受発光素子アレイとの接続に、PML を用いた並列光接続が有効である³⁾。

4. 集積化光学系 OBIS

一方、面と面との間にプリズムを挿入したり、遠方画素への接続を行うような場合など、接続しようとする2面の間隔が大きくなるような場合には、レンズアレイによる画素ごとの光接続は、回折の影響により画素の面内での集積度が制限されることになる。このような場合、1個のレンズで2次元パターンを1度に結像する方が有効的な NA が大きく取れ、画素の集積度を上げるのに有利なことが多い。しかしながら、その実現のためにはバルキーな光学系を集積化する適当な実装技術が必要であり、その一方法としてわれわれは、集積化光学系 OBIS (optical bus interconnection system) を提案している。図1に概念図を示す。溝付き基板にセルフフォックロッドを配列固定後、ダイヤモンドブレードを用いて

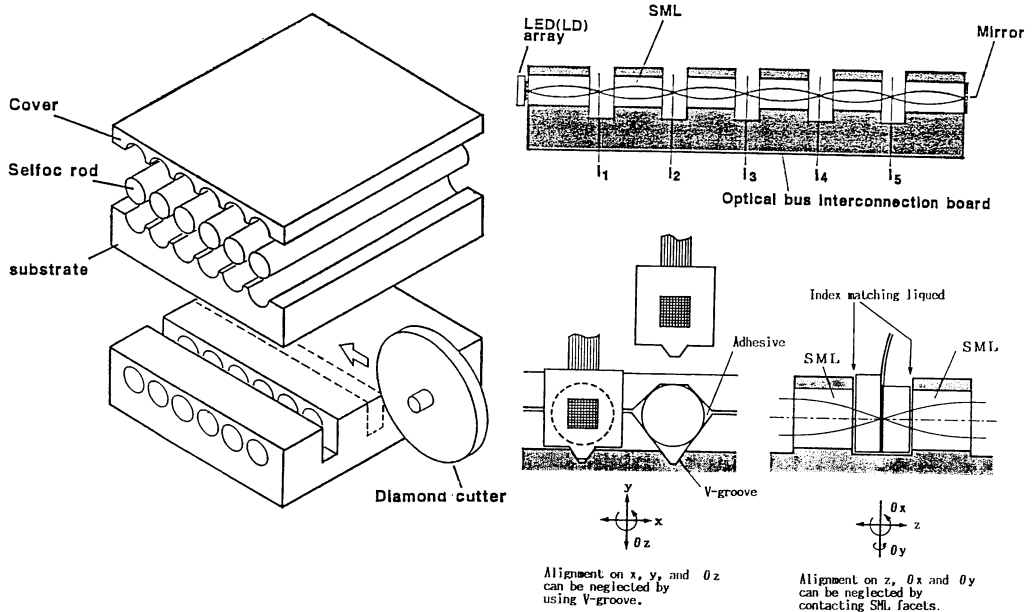


図1 集積化光学系 OBIS, 概念図

垂直溝を等間隔に作製し、等倍共役結像面とフーリエ変換面を多段に備えた光マザーボードを作製する。光学系構成部品となる種々光機能デバイス、光受動デバイスは、SML 間の溝形状に合わせて作製され、屈折率のマッチングをとりながら溝内に挿入固定されることになる。アライメント調整は面内3軸に軽減され、また、光路をすべてガラスなどで埋めることができ、安定した光学系がコンパクトに構成可能である。また、SML により比較的広い像面で低収差化が可能であり、大きなスペースバンド幅積を得ることができる。基礎実験として、4個の研磨された SML ($\phi 4\text{ mm}$) をテレセントリックに配列して等倍共役結像系を構成したとき、 $\square 2.3\text{ mm}$ の像面 (8-f 面) に約 190×190 の解像点を得られている⁶⁾。安定した構造で面と面との間隔を大きく取ることができ、遠方画素への接続を含んだ複雑なインターコネクションに応用可能である。ボード間光バス、光ニューラルネット、光交換光学系など種々光電子システムの集積化に好適と考えられる。

5. む す び

微小光学デバイスアレイは光電子システムを「システ

ム実装」する上で不可欠なものであり、システムや光機能デバイスが決められたとき、その仕様や形態に最適な光受動デバイスを選択、組み合わせる必要があるといえる。このとき、結像をベースにした 1-to-1, 1-to-m, m-to-1 光接続のような基本機能を、PML, OBIS のような、軸ズレや光源の波長変動などの摂動項に対する冗長性の高い屈折型デバイス (ROE) が担い、これに偏向、座標変換、フィルタリングなどの特殊機能を回折型デバイス (DOE: diffractive~) で付加していくといった、ROE と DOE の適材適所の組合せ・光学設計が今後重要視されると考えられる。

文 献

- 1) K. Iga, M. Oikawa, S. Misawa, J. Banno and Y. Kokubun: Appl. Opt., **21** (1982) 3456.
- 2) J. Jahns and A. Huang: Appl. Opt., **28** (1989) 1602.
- 3) M. Oikawa, H. Nemoto, K. Hamanaka and E. Okuda: Appl. Opt., **29** (1990) 4077.
- 4) I. Kitano, M. Toyama and H. Nishi: Appl. Opt., **22** (1983) 396.
- 5) K. Hamanaka: Opt. Lett., **16** (1991) 1222.
- 6) K. Hamanaka: Jpn. J. Appl. Phys., **31** (1992) 1656.

(1993年4月6日受理)