

光通信用平板マイクロレンズアレイ

日本板硝子(株) 技術研究所
仲間 健一・岸本 隆

Planar Microlens Array for Optical Interconnections

Kenichi Nakama Takashi Kishimoto

Technical Research Laboratory, Nippon Sheet Glass Co., Ltd.

1. はじめに

イオン交換技術を用いてガラス基板上に形成される平板マイクロレンズアレイ (PML) は、1981年に初めて実現され¹⁾、その後、イオン交換技術の改善、及びレンズの光学特性の向上に関する研究が行われた^{2) 3)}。これらの研究成果をもとに、1991年には、ソーダライムガラス基板を使用したPMLが液晶プロジェクタの明るさを向上するための光学部品として採用された^{4) 5)}。光通信用PMLとは、半導体レーザーアレイ (LDアレイ) から出る光を効率よく単一モード光ファイバアレイ (SMFアレイ) に導くための集光素子であり、そのレンズとしての機能は液晶プロジェクタ用PMLと同じであるが、光をどれだけ収束できるかという点 (レンズのNA) が異なる。光通信用PMLに要求されるNAは0.3以上であり、液晶プロジェクタ用PMLのNA (0.15) に比べてかなり大きい。この大きいNAを得るために、ガラス組成、イオン交換温度、熔融塩等の選定に工夫が必要となる。この様にして得られたPMLは、イオン交換によりガラス内部に形成された高屈折率領域によるレンズ機能と、イオン交換時に発生するガラス表面の凸形状の膨らみによるレンズ機能とを併せ持つことになり、大きいNAを有するレンズアレイとなる。ここでは、凸形状の膨

らみをもったPML (S-PML; Swelled PML)の作製方法と光学特性、そしてS-PMLを用いて実用化されたLDアレイ用の光学系を紹介する。

2. S-PMLの作製方法

S-PMLは、選択的イオン交換技術により作製される。作製方法の概略をFig. 1に示す。まず、ガラス基板の表面にイオン交換を制御するためのマスクを形成する。この材料には金属膜や誘電体膜が用いられ、開口部は半導体プロセスと同様にフォトリソグラフィとエッチングの技術で形成される。次に、このガラス基板を、屈折率増加に寄与する1価のアルカリ金属イオ

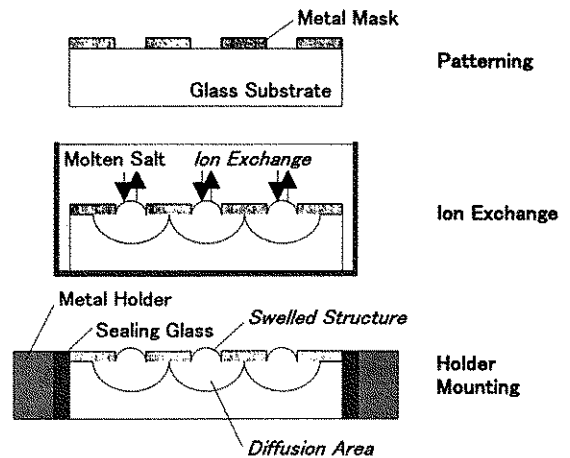


Fig.1 Fabrication process of S-PML

ンを含む熔融塩中に浸漬する。熔融塩中のイオンとガラス基板中のイオンは、マスクの開口を通して選択的にイオン交換され、ガラス基板中に分布屈折率型レンズ部が形成される。このとき、熔融塩中のイオンの半径がガラス基板中のイオンの半径よりも大きければ、イオンの体積差に応じて基板表面が膨らみ、凸レンズ部が形成される。以上のようにして作製したS-PMLを所定の寸法に切断し、ガラス基板の膨張係数とマッチングのとれた低融点ガラスで金属ホルダに封着実装すれば光通信用S-PMLが完成する。

3. S-PMLの光学特性

S-PMLは、低収差（波面収差 $< 0.1\lambda$ [RMS]）、LDアレイと同等の高い配列精度（ピッチばらつき $< 0.01\%$ ）、小さいレンズ間ばらつき（チップ内焦点距離ばらつき $< 5\%$ ）、広い使用波長範囲（可視～赤外域）といった優れた基本性能を有している⁵⁾。一方LDアレイとSMFアレイの結合光学系では、機械的に配列されるSMFアレイの累積ピッチずれや調心不良に起因するアライメント誤差が生じる。したがって、S-PMLにはアライメント誤差を許容できる光学性能が求められ、光軸上での結合損失の最小値よりも、光軸上の結合損失と軸外の過剰損失特性とのバランスを重視した光学設計が重要になる。S-PMLによるLD（FWHM $\sim 30^\circ$ ）とSMFとの結合損失は6 dB（typ.）、過剰損失が1 dB以下となるアライメントトレランスはLD、SMF共 $\pm 2\mu\text{m}$ であり、LDアレイとSMFアレイの低損失かつ安定した結合光学系を実現するのに十分な性能を有していることが確認されている。S-PMLは、光学部品であると同時にLDアレイの封着部品でもある。S-PMLは、高い封着性能（Heリーク量 $< 1 \times 10^{-9}\text{atm}\cdot\text{cc}/\text{sec}$ ）を有しており、光通信用受動部品の信頼性試験においても封着性能、光学性能の劣化はみられないことが確認されている。

4. S-PMLを用いた光学系

S-PMLを用いた送受信モジュールの結合光学系の概略をFig. 2に示す。LDアレイ、フォトディテクタアレイ（PDアレイ）、SMFアレイ、および、S-PMLは、それぞれ250 μm ピッチで一列に配列されている。LDアレイの並列光信号は、2枚のS-PMLと単一モードファイバアレイを介して、PDアレイに伝送されて並列電気信号となる。LDアレイ側のS-PMLは、LD発光領域をSMF端面に拡大結像する光学系を構成している。PDアレイ

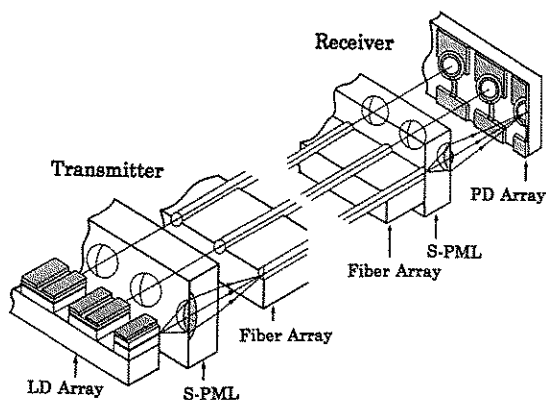


Fig. 2 Parallel Optical Interconnection Modules using S-PML

側については、一般にPDの受光部の大きさは単一モードファイバのコアよりも大きく、PDの受光角も十分に大きいので、S-PMLの設計自由度が大きい。したがって、S-PMLの光学特性をLD側の光学系用に最適設計し、そのS-PMLを前提としてPD側の光学系を設計することで、一つの仕様のS-PMLをLDアレイ用とPDアレイ用に共用することを可能にしている。

5. まとめ

S-PMLは、LDアレイやPDアレイと単一モードファイバアレイの結合に必要な配列精度、NA、封着実装性を兼ね備えており、並列

光通信用送受信モジュールを構成するキーデバイスの一つになり得る。最後にS-PMLの集光スポット位置の精密測定に関してご指導頂いた、通商産業省工業技術院機械技術研究所の永寿博士に、また日頃ご指導頂く東京工業大学精密工学研究所所長伊賀教授、東海大学開発技術研究所内田教授、および、弊社技術研究所筑波センター水島センター長に深謝致します。

参考文献

- 1) M. Oikawa, K. Iga, T. Sanada, "Distributed-Index planar microlens prepared from ion exchange technique", Jpn.J.Appl.Phys.20 (4) L296-298 (1981)
- 2) M. Oikawa, K. Tanaka, T. Yamasaki, "Highly Integrated Distributed-Index Planar microlens and Its Characteristics", Proc. SPIE, 554, 314-318 (1985)
- 3) M.Oikawa, H.Nemoto, K.Hamanaka, T.Kishimoto, "Light coupling between LD and optical fiber using high NA planar microlens", Proc. SPIE, 1219, 532-538 (1990)
- 4) H.Hamada, F.Funada, M.Hijikigawa, K. Awane, "Bright-enhancement of a liquid crystal projector by a microlens array", SID'92 Digest, 269-272 (1992)
- 5) T. Kishimoto, et. al., "Application of Planar Microlens Arrays to Liquid Crystal Devices", Proc. 16th. Int. Cong. on Glass, 3, 103-108 (1992)
- 6) K. Nakama et. al., "Optical Performance of The Swelled Planar Micro Lens", Proc. fifth Int. Symp. on New Glass, 103 (1995)

INTERGLAD世界で活用!

イスタンブール(トルコ)で開催されたガラスの国際シンポジウムから帰られたSさんが“思いがけないところでINTERGLADの名が出てきたよ。”と話された。

シンポジウムの会場でアルジェリアとベルギーの研究者の共同研究の発表があり、その中で鉛クリスタルの代替組成を探索するために対象組成を選定するのにINTERGLADを使ったとの言及があったそうである。

INTERGLADはガラスの研究者、技術者のために役に立つこと、特に、文献探索の手間を軽減することを大きな目的にしているので、現実には、このような研究に活用されていることをはっきりと示されると嬉しいものである。

INTERGLADはVer. IからⅢまで、世界で延べ300枚近く使われているので今度のように、はっきりと言及されることは多くなくても、現実にはいろいろな研究の縁の下の力持ち的な役割を各所で果たしていると信じて今後の励みとしたい。