



## 平板マイクロレンズアレー

及川 正尋・根本 浩之・浜中賢二郎・奥田 栄次

日本板硝子(株)筑波研究所 〒300-26 つくば市東光台 5-4

### 1. ま え が き

光ファイバ通信や画像処理といったオプトエレクトロニクスの分野の発展はめざましく、ここでは、分布屈折率ロッドレンズ<sup>1,2)</sup>に代表される直径数 mm 以下のマイクロレンズが広く使われている。また、最近ではマイクロレンズを1枚の基板中に2次元アレー状に集積しようとする試みも多く発表されるようになった。選択拡散により製作する平板マイクロレンズ<sup>3-5)</sup>のほか、プラズマCVD法を用いてSiO<sub>2</sub>とSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>の混合物を堆積させ、マイクロレンズを実現しているもの<sup>6)</sup>、光化学反応を用いて屈折率分布を形成するもの<sup>7)</sup>、また、紫外線を照射し部分的に結晶化させて収縮させることにより凸レンズを形成するレンズアレーが発表されている<sup>8)</sup>。また、InP基板にエッチングとマストランスポートを併用して作る凸レンズも報告されている<sup>9)</sup>。

ここでは、イオン交換法による分布屈折率平板マイクロレンズについて、特性ならびに応用例を紹介する。

### 2. 平板マイクロレンズアレーの製法

平板マイクロレンズアレーは、半導体工業で用いられているプレーナ技術を応用して作られる<sup>10)</sup>。ここでは、ガラス基板に屈折率を高くするドーパントを選択的に拡散して図1に示すようなレンズアレーを実現する。ガラスに屈折率分布を形成する代表的な手法としては、イオン交換法がある。これは、所定量の1価の陽イオンをあらかじめ含ませたガラス基板をマスク処理をしておき、高温の溶融塩と接触させることにより、ガラス中の1価の陽イオンと溶融塩中の他の1価の陽イオンと交換するものである。イオン交換を行なうと、ガラスの密度変化が生じるとともに、置き変わったイオンの電子分極率が

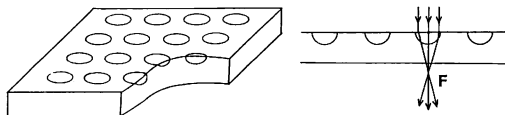


図1 分布屈折率平板マイクロレンズアレー

異なるため、ガラスの屈折率を変化させることができる。イオン交換を行なうマスクの窓は、フォトリソグラフィの手法を用いて製作するため、レンズをきわめて精度よく配置することが可能となる。

### 3. 特 性

イオン交換法による製作プロセスにおいて、マスクの開口径および、イオン交換時間を適当に設定することにより、さまざまな大きさの平板マイクロレンズを製作することが可能である。

これまで、筆者らは、直径10~1000 μm、NA ≤ 0.25、焦点距離20~2000 μmの平板マイクロレンズが製作できることを実験的に確認してきた。

図2に製作した平板マイクロレンズの外観を示す。(a)は直径が10 μmであり、(b)は230 μmである。レンズの位置精度は10 cm 間隔で3 μm 以内である。

図3に試作した平板マイクロレンズの屈折率分布を示

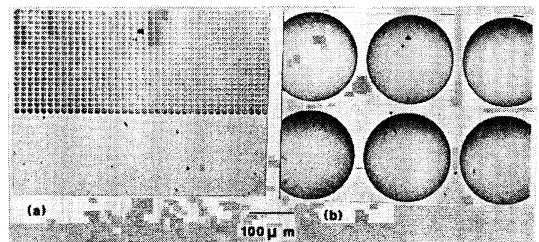


図2 平板マイクロレンズアレー  
(a)直径10 μm, (b)直径230 μm

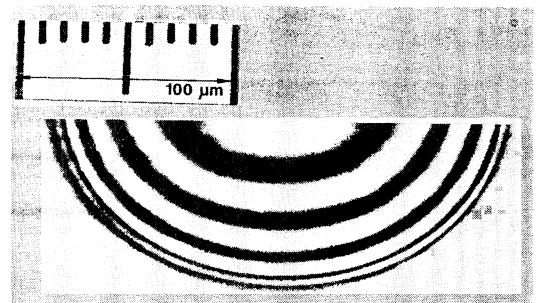


図3 平板マイクロレンズの屈折率分布

す。各干渉縞が等屈折率線を示す。このレンズの直径は  $200\ \mu\text{m}$ 、分布の深さは  $80\ \mu\text{m}$  であり、最大屈折率差は  $\Delta n = 0.169$  が得られている。

この屈折率分布の測定結果を基に、平板マイクロレンズの光線軌跡を求めることができ<sup>11)</sup>、図3の場合は、直径の90%以内の領域において低収差で光を集光できる。また、アレーとしてレンズを作るときにピッチの90%まで有効にレンズとして利用できる。

#### 4. 応 用 例

平板マイクロレンズは、マスクパターンどおりにマイクロレンズを高精度で配置できるため、光エレクトロニクスの分野で幅広い応用が期待できる。

以下、平板マイクロレンズの応用例として、光ファイバ通信と光コンピューティングに関して簡単に述べる。

##### (1) 光ファイバ通信への応用

光ファイバ通信の中では、光の結合、分岐、合流、分波、合波といったさまざまなパッシブ光回路が使われている。マイクロレンズを用いた光回路は、平板マイクロレンズアレーを用いることにより、積層光回路として2次元アレー状に集積することができ、光回路の大量生産が可能となる<sup>12)</sup>。

平板マイクロレンズの光通信への応用の可能性を調べるため、基本的な応用の一つである光源と光ファイバとの結合について検討した。LED光を平板マイクロレンズで集光してマルチモード光ファイバへ結合した場合の結合効率を測定した。平板マイクロレンズは、直径  $250\ \mu\text{m}$ 、焦点距離  $540\ \mu\text{m}$  ( $\text{NA} = 0.23$ ) のもの2枚貼り合せて使用した。レンズのアライメントは、マスクアライナを用いて行なった。ドーム構造をもつ  $0.8\ \mu\text{m}$  GaAl-As LED (日立, HE 8403) からの光を GI 50 ファイバに結合させた結果を図4に示す。ここで、0 dB は、ファイバを LED に直接接続したときの値で、平板マイクロレンズを用いることにより、3.3 dB 結合効率が改善されている。この結果は、0.34 dB のフレネル損失を含んでいる。

##### (2) 光コンピューティングへの応用

光コンピューティングの考え方の一つとして、並列処理がある。平板マイクロレンズは、並列処理のための一つの基本素子となりうる。

応用の一つの可能性として、平板マイクロレンズアレーを用いたマッチトフィルターアレーシステムが考えられる<sup>13,14)</sup>。これは、Van der Lugt 型フーリエ変換マッチトフィルターを2次元アレー状に構成するもので、

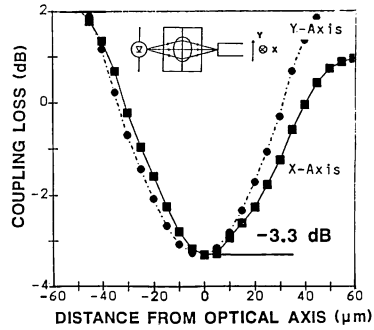


図4 LED-Fiber 結合特性

これまで  $3 \times 3$  のセルフロックレンズを用いて実験を試みた<sup>13)</sup>。平板マイクロレンズアレーを用いることにより、さらに多チャンネル化が容易となるが、レンズ径を小さくしたときの回折光量の減少等、今後の検討を要する。

#### 5. ま と め

以上、選択イオン交換法により製作される平板マイクロレンズアレーの特性および、いくつかの応用例について述べた。高精度に配置されたマイクロレンズアレーは、1次元あるいは2次元アレー状に配置される素子間の光結合に応用でき、光コンピューティングを始めとするオプトエレクトロニクスの分野に新たな可能性をもたらすものと期待される。

日ごろ、ご討論いただいている東工大伊賀教授、朱氏、当研究所小泉所長に感謝する。

#### 文 献

- 1) I. Kitano, *et al.*: *Proc. 1st Conf. on Solid State Devices*, Tokyo (1969), J. Jpn. Soc. Appl. Phys., **39** (1970) Suppl. pp. 63-70.
- 2) H. Kita, *et al.*: *Am. Ceram. Soc.*, **54** (1971) 321-326.
- 3) M. Oikawa, *et al.*: *Jpn. J. Appl. Opt.*, **20** (1981) L51-54.
- 4) M. Oikawa, *et al.*: *Jpn. J. Appl. Opt.*, **20** (1981) L 296-298.
- 5) M. Oikawa, *et al.*: *Electron. Lett.*, **17** (1981) 452-454.
- 6) G. D. Khoe, *et al.*: *Proc. 7th ECOC*, 7.6 (Copenhagen, 1981).
- 7) N. F. Borrelli, *et al.*: *Proc. 4th Topical Meeting on Gradient-Index Optical Imaging System*, D1 (Kobe, 1983).
- 8) N. F. Borrelli, *et al.*: *Appl. Opt.*, **24** (1985) 2520-2525.
- 9) D. Yap, *et al.*: *SPIE O-E LASE '88*, 898-04 (Los Angeles, 1988).
- 10) M. Oikawa, *et al.*: *Appl. Opt.*, **21** (1982) 1052-1056.
- 11) K. Iga, *et al.*: *Fundamentals of Microoptics*, (Academic Press, New York, 1984) pp. 8-31.
- 12) K. Iga, *et al.*: *Appl. Opt.*, **21** (1982) 3456-3460.
- 13) P. Asthana, *et al.*: *Opt. Lett.*, **13** (1988) 84-86.
- 14) M. Agu, *et al.*: *Proc. MOC '87*, F3 (Tokyo, 1987).

(1988年7月7日受理)