

# セルフオックレンズ

(1978年～現在)

セルフオックレンズ(図1)は、屈折率分布により光線を曲げて光を集める作用をするレンズである。屈折率分布は、棒状のガラス材をイオン交換処理することによって形成される。通常のレンズが凸面や凹面を必要とするのに対して、両端が平面のロッド状でもよいので、加工と量産が容易となる。また、正立像を簡単につくることができる。単独で光ファイバーやレーザーの結合に用いられたり、多数並べたアレイ状として複写機やスキャナーの結像レンズとしても利用されている。

## 1. 製品適用分野

光通信システムの結合レンズ、複写機などの結像光学系など。

## 2. 適用分野の背景

1966年頃から、高屈折率のコアを低屈折率のクラッドで囲む構造の光ファイバーを用いた通信システムが本格的に検討されるようになった。光ファイバーの通信容量を大きくするためには、屈折率が階段状に変化する「ステップインデックス型」よりも、連続的に変化する「屈折率分布型」のほうが有利である。そこで、このような背景のもと、1968年に日本板硝子と日本電気により、イオン交換法による屈折率分布ファイバー「セルフオック(SELFOC)」が開発された。

その後、長距離通信用光ファイバーの主流はさらに容量の大きい「シングルモードファイバー」に移ったこともあり、セルフオックは屈折率分布レンズとして発展していくこととなった。

## 3. 製品の特徴と仕様

光線は均質な物質中で直進し、屈折率の異なる物質の界面(レンズやプリズムの表面など)では屈折して折れ曲がる。図2に示すように、セルフオックの



図1 セルフオックレンズ

ガラスの内部で屈折率が変化している。そのため、両端が平面のロッド形状でも凸レンズの作用がある。

中の屈折率は放物線状の分布となっている。このため、内部の光線はピッチ長 $P$ を周期とする正弦波状に進み、長さ $P/2$ ごとに結像する。像の向きは、倒立像(元の物体と逆向き)と正立像(同じ向き)を交互に繰り返す。

(SML)

SML (Selfoc Micro Lens) は直径 0.25 ~ 4mm の円筒形状のレンズである。通常のレンズは凸面や凹面で光線を曲げるのに対して、SML は両端が平面のままのため表面研磨が非常に容易であり、量産性に優れている。また、レンズ長を選ぶことによって同じ材料からいろいろな結像特性を有するレンズとすることができる(図3)。

SML は、主に光通信分野において、光ファイバー

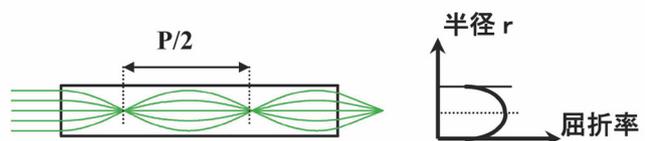


図2 セルフオックの屈折率分布

屈折率は光軸(中心線)上がもっとも高く、周辺ほど低い放物線状の分布となっている。このため、内部の光線はピッチ長 $P$ を周期とする正弦波状に進み、長さ $P/2$ ごとに結像を繰り返す。

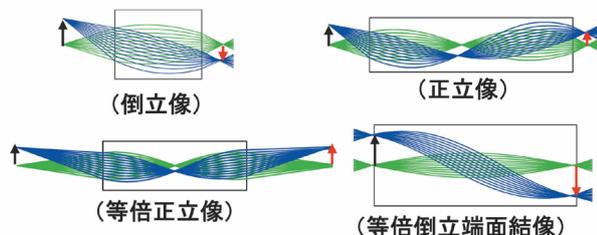


図3 セルフオックの結像

レンズ長によって焦点距離を変えることができる。簡単に正立像を得ることができ、端面結像も容易にできる。

Key-words : ガラス, 屈折率分布, ロッドレンズ, イオン交換, 光通信

や光源(LDなど)の結合レンズとして広く用いられている(図4)。SMLの端面を球面に加工してさらに屈折力を高めることもある。

(SLA)

SLA(Selfoc Lens Array)は、正立等倍像<sup>注1</sup>の得られるSMLを並べてアレイ化したものである(図5)。線状の原稿の像をそのまま投影することができることから、複写器やスキャナーの読み取りに用いられている。

SLAの光学系は通常のレンズによるものと比べて非常にコンパクトであり、像も明るくすることができるので走査時間も短くなる。また、生産工程が簡単なので低コストである。

#### 4. 製法

SMLの母材となるロッドは、ガラスブロックから直径数十mmのロッドを切り出してから加熱延伸してつ

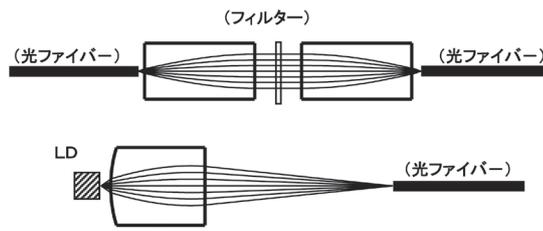


図4 SMLの応用

(上) 2本の光ファイバーを、フィルターを介して結合させた例。(下) LD(半導体レーザー)からの出射光を光ファイバーに送り込む場合。

くられている。SLAの母材は溶融したガラスを直接紡糸する連続プロセスにより、大量生産されている(図6)。

セルフオックのガラス組成は、屈折率を大きくする1価成分( $M_2O$ , Mは金属)を多く含むことが特徴である。1価成分は、常温ではガラスネットワーク( $SiO_2$ などによる不規則網目構造)の中に1価イオン $M^+$ として固定されている。しかし、高温になると $M^+$ はネットワーク中を自由に移動できるようになる。

表1 SMLの特性例(波長1550nm)

レンズ種類	SLW10	SLW18	SLW20	SLH18
レンズ直径	1.0mm	1.8mm	2.0mm	1.8mm
中心屈折率	1.59			1.634
レンズ長(0.25P)	2.63mm	4.81mm	5.34mm	3.76mm

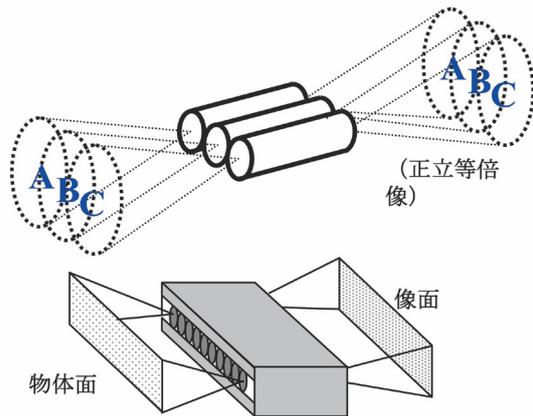


図5 SLA

正立等倍の小さいレンズを横に並べると、コンパクトな光学系で線状の結像が得られる。

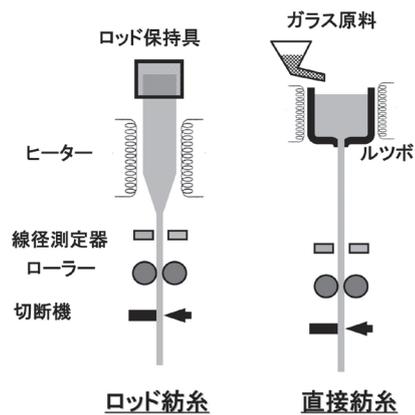


図6 セルフオック母材ガラスの製造方法

ロッド紡糸では、ガラスブロックから切り出した直径数十mmのロッドを加熱延伸する。溶融したガラスを直接紡糸する連続プロセスも用いられている。

屈折率分布の形成は、母材ロッドを高温の溶融塩に浸漬させる「イオン交換」処理によって行われる。母材ロッドの表面ではガラス中の  $M^+$  と溶融塩中の 1 価イオン ( $Na^+$ ,  $K^+$  など) が相互に交換される (図7)。イオン交換によりロッドの表面では  $M^+$  の濃度が小さくなり、濃度勾配が発生する。その結果、M成分の拡散が起こり濃度分布が形成される。濃度分布が放物線状となったところでロッドを溶融塩から引き上げて徐冷すると、濃度分布に対応した屈折率分布がそのまま固定される。

イオン交換後のロッドは、用途に応じた長さに切断して両端を研磨する。SLA の場合はロッドを 1 列あるいは 2 列に並べた状態で外枠に固定してから、所定のレンズ長に応じた幅に切り出して研磨する。

## 5. 将来展望

SML は、光通信システムのキーパーツとして重要である。SLA は、外形を小さくするほど小型化できると共に解像力も良くなるという性質がある。最初は外形 1.1mm のパーツが商品化され、その後 0.9mm, 0.6mm 品が市販された。現在、0.3mm 品が開発されている。

### 文献

村田 浩, 小泉健, 新関暢一 “光ファイバの歴史 開拓者たちのメモワール”, (株)工業通信 (2003).

[連絡先] 橋高 重雄

日本板硝子(株) 技術研究所 研究開発グループ  
〒664-8520 伊丹市鴻池字街道下 1 番

