

最近の技術から

GRIN レンズ用光学ガラス

野田 聡

オリンパス光学工業(株) 諸隈研究室 〒192 八王子市久保山町 2-3

1. はじめに

GRIN レンズは、日本板硝子(株)によるイオン交換法によって初めて実用化されたが、その製法に関しては、イオン交換法を発展させた高速イオン交換法や二重イオン交換法、また原理の異なる分子スタッフィング法やゾルゲル法など多くの方法が研究されてきた。しかし、イオン交換法以外で実用化された例はほとんどなく、近年の非線形光学材料の研究と比べると、その研究は必ずしも盛んなものではなかった。最近になって、いくつかの新しい動きが見られるようになってきたので紹介する。

まず、米国 GLC 社ではイオン交換法によって色収差の少ない GRIN レンズを開発し、硬性鏡リレーレンズ用 EndoGRINS™ の受注活動を行っている。また、米国 LightPath 社では、 Δn の非常に大きなアキシャル型 GRIN レンズの開発に成功し、これを用いたコリメータレンズを市販している。このレンズの製法は、屈折率の異なる複数枚のガラス板を積層してから熱をかけ、成分を熱拡散させてなだらかな分布を得るという、従来はない全く新しい製法である¹⁾。

国内では、オリンパス光学がゾルゲル法を用いて Δn の大きな大口径 GRIN レンズや、凹レンズ作用を持つ負屈折力型 GRIN レンズの開発に成功した^{2,3)}。

本稿では、筆者らが開発したこの Δn の大きな GRIN レンズについて述べることにする。

2. 作製プロセス

ゾルゲル法はガラスの前駆体であるゲルの段階で、多価のイオンにも比較的短時間で濃度分布をつけることが可能であるため、大口径 GRIN レンズの製法として非常に有効な作製方法である。このゾルゲル法は、屈折率分布を付けるドーパントの原料に金属アルコキシドを用いる方法と金属塩を用いる方法に大別される。前者は金属アルコキシドの大半が溶媒に対して不溶性であるため、実質的に使用可能な金属種が限定される。したがって、後者の方法を採用し検討を進めた。

図 1 に金属塩を用いた GRIN レンズ作製プロセスの概略を示す。まず、シリコンアルコキシド、鉛の金属塩として酢酸鉛、その他の原料を混合してゾルを調製する。ゾルを適当な容器の中に注ぎ、室温でゲル化させる。ゲルを熟成の後、種々の溶液に浸漬する前処理を行い、ゲル中に酢酸鉛の微結晶を析出させる。次にこのゲルを酢酸カリウム溶液に適当な時間浸漬することにより鉛とカリウムを交換して濃度分布を付与する。そして再度ゲルを処理して濃度分布した酢酸鉛、酢酸カリウムの微結晶をゲル内に析出させ、ゲル中に濃度分布を固定する。最後にゲルを乾燥・焼結無孔化して GRIN ガラスとする。

3. 有機酸添加による分布制御

金属塩を原料とするゾルゲル法は、ドーパント金属がゲル中でシリコンと結合関係を作らないため移動しやすく、濃度分布をつけるには有利であるが、反面いったん付いた分布が崩れやすいという欠点がある。したがって、ゲル内に濃度分布を付与した後の濃度分布の固定が大きな課題である。

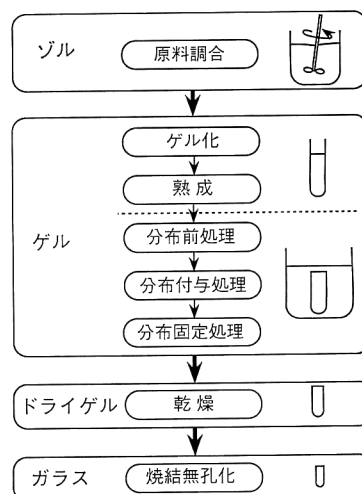
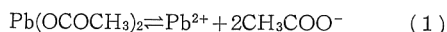


図 1 ゾルゲル法による作製プロセスの概略

そこで、金属塩がゲル中で式(1)のように解離していることに着目し、この化学平衡をシフトさせる分布固定を試みた。



具体的には濃度分布を付ける溶液中に有機酸を添加するという単純な方法で、迅速な金属塩の沈澱生成を実現し、分布付与の工程で形成された濃度分布をほぼそのままの形で固定することに成功した。

作製した GRIN ガラスの外観を図2に示す。径方向の屈折率差 Δn は、図3に示したように約0.1という従来に例のない非常に大きな値となった。 Δn 値の増大は、GRIN レンズの適用範囲をさらに広げるものと予想され、また今後の GRIN レンズの進展にも寄与するものと考えている。

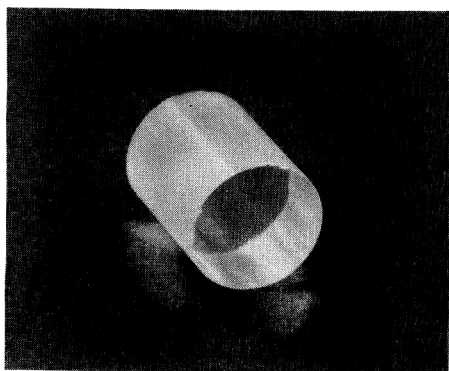


図2 作製した GRIN ガラスの外観

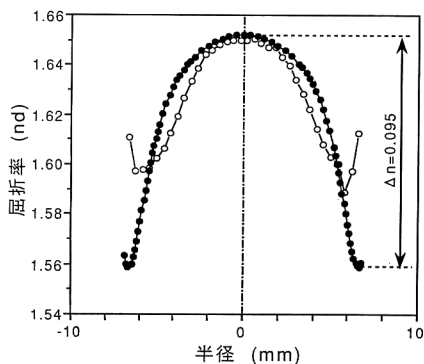


図3 屈折率分布
○: 従来の製法によるもの, ●: 有機酸添加によるもの。

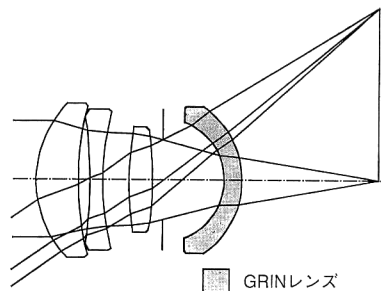


図4 試作したレンズの断面図

4. 実装評価

作製したガラスの評価のため、図4に示すコンパクトカメラ仕様の光学系 ($f=27.6$ mm, $F/2.8$, $2\omega=71.4^\circ$) の試作を行った。作製したレンズについて、製品開発の場合と同様の項目で評価を行ったところ、設計性能をほぼ満たし、カメラレンズとして十分実用に耐える性能を示した。詳細については省略するが、今回の評価によって、作製した GRIN ガラスが実用的なレベルに達していることが確かめられた。

5. おわりに

GRIN レンズ作製法の研究は、地味で忍耐を要するものであるが、着実な研究により、よりよい特性を持ったレンズが開発されつつあると思われる。また、本稿ではプラスチックの GRIN 材料には触れなかったが、こちらも着実に研究が続けられており、その発展も見逃すことはできない。GRIN レンズが広い分野でより一般的に利用できる日は、さほど遠くはないと思われる。

文献

- 1) J.J. Hagerty, D.N. Pulsifer and G.E. Rindone: U.S. Patent No. 5200858 (1993).
- 2) S. Noda, H. Koike, Y. Kurasawa, M. Fukuoka and H. Kinoshita: Meeting Digest, ICO Topical Meeting, 7B2-15 (1994) p. 213.
- 3) 森田祐子, 小池 尚, 野田 聡: 第19回光学シンポジウム予稿集 (1994) pp. 55-56.
- 4) T. Nagaoka, H. Tsuchida and K. Yamamoto: Meeting Digest, ICO Topical Meeting, 5A-7 (1994) p. 84.

(1994年9月30日受理)