

第9回光学シンポジウム

屈折率分布ロッドを用いた光ピック
アップレンズの設計

菊地 啓介

電子技術総合研究所

〒305 茨城県新治郡桜村梅園 1-1-4

光ピックアップに屈折率分布レンズ(ロッド)を用い、光学系の簡略化を図る提案がなされている。一方、屈折率分布の制御のむずかしさが加わるので、その緩和にも留意する必要がある。そこで次の項目を満たす光学系の設計が望まれる。(1)小さいロッド径で作動距離と開口数の積を大きくとる、(2)屈折率分布の広範囲のロッドを使えるようにする、(3)球面収差のみでなく少なくとも正弦条件(コマ収差)を補正する。

従来、ロッド端面を凸球面にして球面収差を補正し、さらに(1)と(2)を満たそうとした解析¹⁻³⁾や実験^{1,2)}がある。しかし(3)が考慮されていないため軸外への集光でコマ収差がでる。青野⁴⁾は(3)、さらには像面平坦化まで考慮していくつかのタイプのレンズ設計を行った。そのなかの単レンズでは像側に凹面を向けたメニスカスの解になっている。また Moore⁵⁾は両凸ではあるが第2面曲率が小さい解を得ている。いずれも(1)の観点からは不利である。

本報告⁶⁾では平端面ロッドに均質凸レンズを像側に複合させ(図1)、そこへパワーの集中を図り(1)を、ロッドの分布に応じて均質レンズの両面球面曲率を選び(2)と(3)を満たすことを試みた。

収差補正の目標は、(イ)球面収差をストレーラ強度 $SI=1-(2\pi/\lambda)^2\phi^2$ で0.95以上にし、(ロ)正弦条件不満

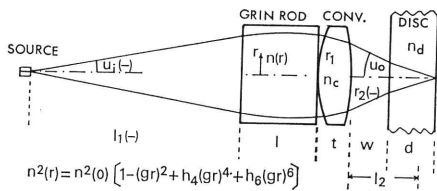


図1 光学系と屈折率分布

表1 光学系のパラメータ

$NA=0.45$, 倍率 $\beta=-0.4$, 屈折率 $n_d=1.5$, 厚さ $d=1.2$, 作動間隙 $W=1.0$, $l_2=W+d/n_d=1.8$, 屈折率 $n_c=1.6$, 厚さ $t=0.9$, 屈折率 $n(0)=1.6$, 集束係数 $g=0.3$, ロッド長 l と光源位置 l_1 は上記値のほかに曲率 C_1, C_2 (曲率半径 r_1, r_2) を与えると決まる。(長さ単位は mm)

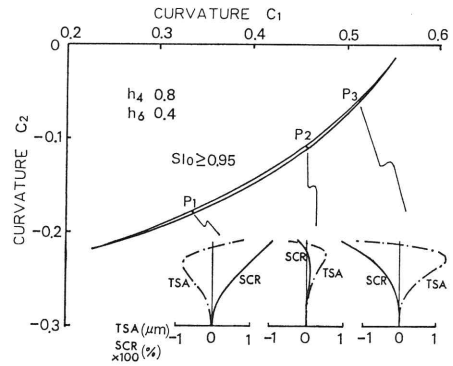


図2 球面収差と正弦条件が補正される曲率の組 (P2)

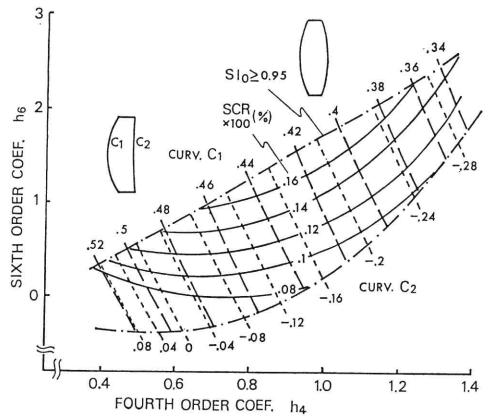


図3 目標の収差補正が可能な範囲、残留値、曲率

足量 $SCR=(\sin u_i/\sin u_o-\beta)/\beta-SA/q$ を出射角 $\sin u_o$ の $0\sim NA$ にわたって、その正負のピークの絶対値を等しくする。ここで、 ϕ は波面球面収差の標準偏差、 λ は光源波長で $0.8\mu m$ とし、 SA は縦球面収差、 q は射出瞳-像面距離である。なお、低次の子午面コマ $MC=SCR\times(\text{像高})$ の関係にある。

数値解析の結果、ロッドの高次係数 h_4, h_6 が与えられると、これと複合させて補正(イ)ができる均質レンズの曲率 C_1, C_2 が図2に求められ、そのなかに補正(ロ)ができる点 P_2 がある。 h_4, h_6 を変えて P_2 相当の点を求め図3に示した。一点鎖線で補正(イ)、(ロ)がともにできる範囲、破線、点線はおのおの選ぶべき曲率 C_1, C_2 を示す。なお、本構成によりロッド径は約20%節減されている。

文 献

- 1) N. Yamamoto, et al.: Appl. Opt., **21** (1982) 1021.
- 2) H. Nishi, et al.: 4th Topical Meeting on GRIN, C2 (1983).
- 3) K. Kikuchi, et al.: Appl. Opt., **19** (1980) 1076.
- 4) 青野康廣: 第10回微小光学研究会 Vol. 1, No. 3 (1983).
- 5) D. T. Moore: 5th Topical Meeting on GRIN, ThE-A2-1 (1984).
- 6) 菊地啓介: 第12回微小光学研究会, Vol. 2, No. 1 (1984).