

2 面斜入射対物ミラー設計解の大域的探索 (4)

Global Optimization Technique of

Two-Glazing-Incidence-Mirror Objective for Soft-X-ray Focusing Applications (4)

東京工芸大院工 〇(M1)山下正汰, 陳軍, 豊田光紀

Tokyo Polytechnic Univ., °S. Yamashita, J. Chen, M. Toyoda

E-mail: m1966002@st.t-kougei.ac.jp

高次高調波など先端の軟 X 線光源の利用では、直径が数 mm の平行ビームを 100nm 以下のビーム径に集光する対物光学系が必要となる。我々は、2 面の斜入射多層膜ミラー(斜入射角 $20\text{--}30^\circ$)からなる、対物光学系の開発を進めている。これまでの研究で、2 つの球面ミラー(屈折力 ϕ_1, ϕ_2)で構成した対物光学系を仮定し、正弦条件を満足し、軸外で発生したコマ収差を極小化する、4 種類の実用設計解が存在することを見出した[1]。Fig.1 に探索例を示した。等高線はメリジオナル面内での焦点距離変化率 γ を表し、その値が小さい(青色)ほど、コマ収差が小さい実用解を示す。グレイアウト部については、虚像のため使用することができない。また、見出した低収差谷部(赤枠)内の点 A・B で得られる実用解を Fig.1 のインセットに示した。

対物光学系の開発では、集光面(Fig.2)で生じるコマ収差の大きさを定量的に求める必要がある。本講演では、先に見出した設計解群で得る、コマ収差補正解を計算した結果を報告する。画角 ω の光線で生じるコマ収差による横収差 δ は、近似的に $\delta = f\gamma\omega$ と書ける。これより、許容できる焦点距離変化率は $\gamma = \gamma / f\omega$ で表され、想定する設計条件(スポットサイズ $\delta = 100\text{nm}$, 焦点距離 $f = 100\text{mm}$, 入射角 $\omega = 1'$)では、許容される焦点距離変化率は $\pm 0.3\%$ となった。計算のため、光学設計 CAD, Code-V のマクロ言語 Macro-Plus[2]により、ソフトウェアを自作した。計算結果を、Fig.3 に示す。A.B 両解で、焦点距離変化率は $\pm 0.3\%$ 以下となり、許容できることがわかった。講演では、評価手法の詳細及び、軸上収差(球面収差)補正との両立についても報告する予定である。

Reference

[1]2019 年応物学会秋季講演会予稿集 20p-PB2-16.

[2] <http://www.cybernet.co.jp/codev/>

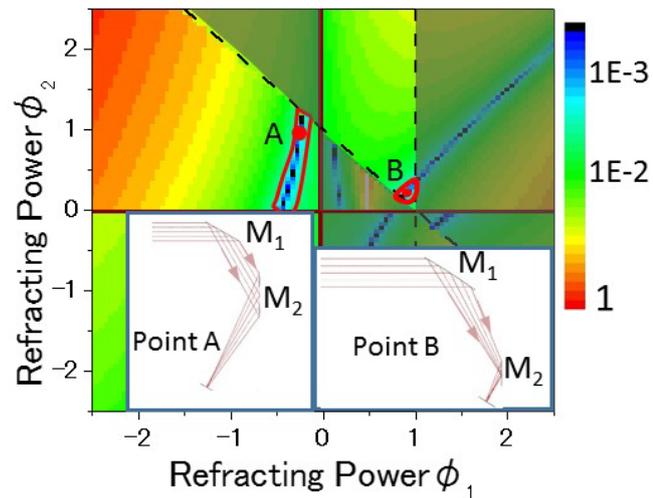


Fig. 1. Focal length change against design parameters (ϕ_1, ϕ_2).

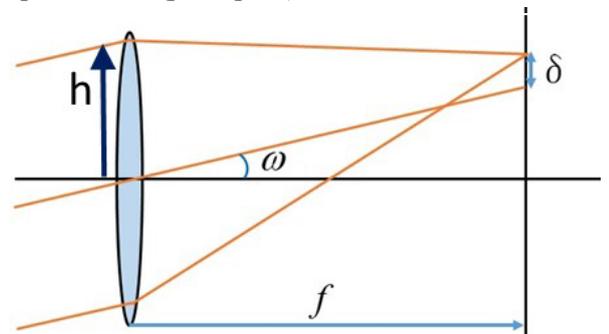


Fig. 2. Coma observed on focusing of off-axis object.

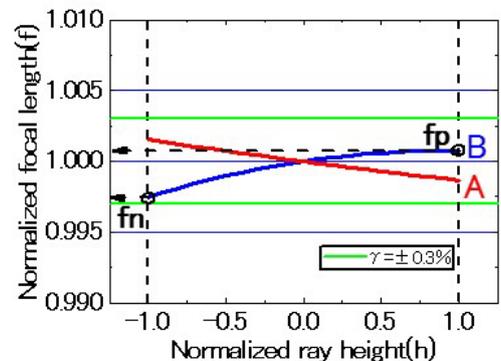


Fig. 3. Calculation result for focal length, as a function of ray height.