

2 面斜入射対物ミラー設計解の大域的探索 (5)

Global Optimization Technique of

Two-Glazing-Incidence-Mirror Objective for Soft-X-ray Focusing Applications (5)

東京工芸大院工 〇(M2) 山下正汰, 陳軍, 豊田光紀

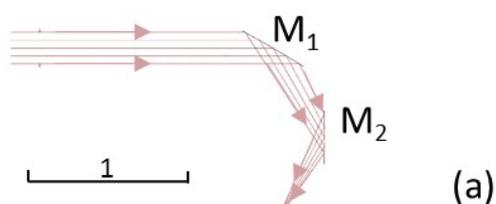
Tokyo Polytechnic Univ., °S. Yamashita, J. Chen, M. Toyoda

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。我々は斜入射多層膜ミラー(斜入射角 20–30°)からなる、対物光学系の開発を進めている。これまでの研究では、作製が容易な 2 つの球面ミラーに着目し、メリジオナル面の 1 次元集光系の新規光学解を独自の大域的光学設計法により大域的に探索した。その結果、光軸上で生じる球面収差が極小化する、3 種類の実用設計解が存在することを見出した[1]。Fig. 1 に見出した設計例(Design A, Design C)の例を示した。

高次高調波の集光では、温度変化や振動などにより、数分程度の光源のポインティング誤差が予測される。このため、対物系へ入射する光線の画角増加により生じる軸外収差の大きさを定量的に求める必要がある。本講演では、上述の球面収差補正解において、生じる軸外収差の大きさを光線追跡法により数値計算した結果を報告する。計算は、光学 CAD, CODE-V[2]上のマクロ機能で構成した自作ソフトウェアにより行った。計算結果を Fig. 2 に示す。x 軸は、斜入射光学系(焦点距離 $f=10\text{mm}$)に入射する光線の画角 ω 、y 軸が、焦点面で観測される 1 次元スポットサイズ(rms.)を示す。軸上($\omega=0$)では、スポットサイズが 30nm 以下の良好な集光が期待できる一方で、画角 ω の増加につれて一次関数的にスポットサイズが増大した。これから、対物光学系に残留するコマ収差が、主要因であることが分かる。また、目標とするスポットサイズが 100 nm のとき、許容される画角 ω は 1 分程度と、実験上十分に大きな値が得られることも分かった。講演では評価手法の詳細及び、本研究で得た他の設計解について報告する予定である。

Design A



Design C

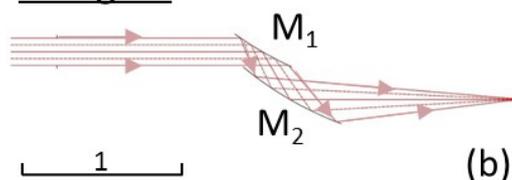


Fig. 1. Practical optical layouts with reduced spherical aberration.

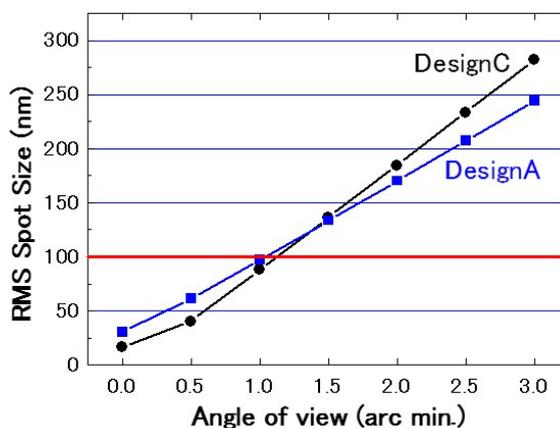


Fig. 2. 1-dimensional spot size observed on the Focal plane, as a function of angle of view of incident ray.

Reference

[1]2019 年応物学会秋季講演 20p-PB2-16.

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