

2 面斜入射対物ミラー設計解の大域的探索 (2)

Global Optimization Technique of

Two-Glazing-Incidence-Mirror Objective for Soft-X-ray Focusing Applications (2)

東京工芸大工 〇(B) 山下正汰, 陳軍, 豊田光紀

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

E-mail: m.toyoda@mega.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 程度の平行ビームを 10-100nm 程度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 20-30°)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、2つの球面ミラーで構成した対物光学系を仮定し、実用設計解を大域的に探索するため、解析的手法と数値計算を組み合わせ合わせたハイブリッド手法を新たに考案した。また、提案手法により解空間の探索を行い、3 種類の実用設計解が存在しうることを見出した[1]。この探索例を Fig.1 に示した。X,Y 軸は、設計パラメータである各ミラーの屈折力を、図内の等高線はメリジオナル集光面での幾何光学的スポットサイズを表し、その値が小さい(青色)ほど、収差が小さい実用解を示す。また、Fig. 1 のインセットに点 A で得られる低収差実用解の例を示した。

対物光学系の開発では、見出した低収差解で得るスポットサイズ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スポットサイズを数値解析で求めた結果を報告する。メリジオナル面 1 次元集光に着目し、スポットサイズを計算・最適化するソフトウェアを光学設計 CAD, Code-V[2]のマクロ機能を用いて開発した。ソフトウェアでは、初めに第2ミラー屈折力 ϕ_2 を所望の値に固定し、第1ミラー屈折力 ϕ_1 をただ1つの設計変数としてスポットサイズの極小値を非線形最適化により求めた。この計算を第2ミラー屈折力 ϕ_2 の関数として行った結果を Fig. 2に示す(開口数 0.02)。Y 軸は、焦点距離で規格化したスポットサイズを示し、集光面では焦点距離の 10^{-6} 程度のスポットサイズに集光できることが分かった。対物ミラーの典型的な焦点距離(100mm)を仮定すると、集光径は 200nm 程度が期待できることが分かった。講演ではさらなる低収差化についても報告する予定である。

文献

[1] 2018 年応用物理学会秋季学術講演会予稿集 21a-235-4.

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

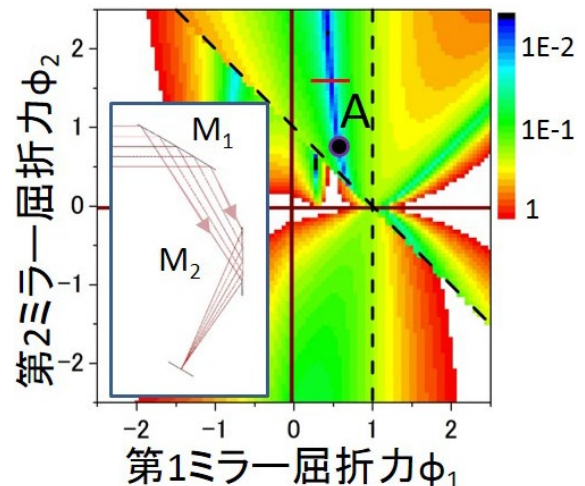


Fig. 1. 新考案設計法で得た幾何光学的スポットサイズの計算例.

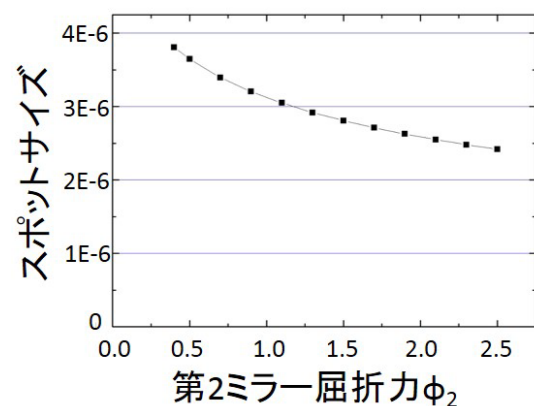


Fig. 2. 数値解析で得た非線形最適化によるスポットサイズ