

## 2面斜入射対物ミラー設計解の大域的探索

### Global Optimization Technique of

### Two-Glazing-Incidence-Mirror Objective for Soft-X-ray Focusing Applications

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

次世代放射光や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。特に、光子エネルギー  $E=500-700(\text{eV})$  の軟 X 線領域では、水の窓での含水試料観察や、磁性体の磁気円二色性スペクトル計測など、種々の顕微分光法におけるキーデバイスとして、対物光学系の開発が進められている。我々は、2面の曲面斜入射多層膜ミラー(斜入射角  $20-30^\circ$ )からなる、対物光学系の開発を進めている。対物光学系の開発では、初めに、大開口数(光量と空間分解能に關係)と低収差を両立する光学設計解の探索が必要となる。本講演では、現在開発中の、解析的な屈折力(パワー)配置および、数値計算による収差評価法を組み合わせた、実用設計解の大域的探索法について報告する。

実用解の探索には、複数の設計パラメータからなる解空間を大域的に探索する手法が必要となる。軟 X 線ミラーの設計に用いられる光線追跡法は、数値計算であり厳密な反面、設計解の探索では、数値計算による局所的な手法が主流で全解空間の大域的な探索には困難がある。本手法では、2つのミラーの幾何光学的な屈折力(パワー)に着目し、これを設計パラメータとして、初めに、近軸領域で配置が可能なすべての設計解を明らかにした。ミラー光学系での収差評価では、近似理論により複数の収差係数を解析的に計算し、その値から像ボケの影響を評価する手法が広く用いられてきた。一方で、主光線の斜入射角や開口数が大きい軟 X 線光学系では、考慮すべき収差係数の種類や項数が、硬 X 線用の先行研究[1]と比べて大きく異なることが予測される。そこで、本研究では収差の評価には、厳密な光線追跡法により、集光面上のスポットサイズおよび正弦条件違反量を数値計算し用いた。講演では、設計手法の詳細および、軟 X 線用集光ミラーの設計解について報告する。

文献

[1] Y. Suzuki, A. Takeuchi, Jpn. J. Appl. Phys. 52 (2013) 036703.