

点回折干渉計による EUV 対物ミラーのサブ nm 精度波面測定

Sub-nm Accuracy Wave Front Measurement of EUV Imaging Objective by Using Point Diffraction Interferometer

○砂山 諒, 豊田 光紀, 柳原 美廣.

(東北大多元研)

○Ryo Sunayama, Mitsunori Toyoda, Mihiro Yanagihara.

(IMRAM, Tohoku Univ)

E-mail: sunayama@mail.tagen.tohoku.ac.jp

波長 10-30nm の光を用いる極紫外(Extreme Ultraviolet: EUV)顕微鏡で回折限界分解能を実現するには、対物ミラーで生じる波面収差を使用波長の 1/14 以下に低減する必要があり(Marechal 条件)、開発中の顕微鏡(設計波長 13.5nm)での許容値は僅か 1nm となる。本講演では、EUV 対物ミラーの光軸調整用に開発した点回折干渉計(Point Diffraction Interferometer: PDI)の波面測定精度の検証結果について報告する。

PDI の概略図を Fig. 1 に示す。DPSS レーザー(波長 473nm)の光を回折格子(格子定数 1/200mm)で反射させ、生じた回折光のうち 0 次光、1 次光を対物ミラーに入射する。0 次光はピンホール(直径 $\phi=500\text{nm}$)上に集光し、点回折により球面波を生成し参照光とする。一方、1 次光は対物ミラーとウインドウを透過させ検査光とする。この 2 つのビームを検出器(CCD カメラ)上で重ね合わせ、干渉縞を観察することで対物ミラーの波面収差を推定できる(Fig. 2(a))。

PDI の測定値にはピンホール下流の結像レンズで生じる波面収差が重畳し系統誤差が生じる。系統誤差を分離するため、参照光、検査光ともに集光位置にピンホール(直径 $\phi=500\text{nm}$)を配置し波面収差を計測した(Fig. 2(b))。ピンホールにおける点回折で 2 つの光は球面波となり、対物ミラーの波面収差情報を失うため、ピンホールより下流で生じる波面収差のみが測定でき PDI の系統誤差を推定できる。本測定を複数回行い、系統誤差が 0.1nm 以下の高い再現性で計測できることを確認した。上で得た波面収差像を系統誤差として減算することで、EUV 対物ミラーの波面収差を高い絶対精度で推定することが可能となる。

現在開発中の対物ミラーの波面計測例を Fig. 2(c)に示した。測定した波面収差は 2.8nm rms であり、annular Zernike 多項式で展開し成分分解すると、主成分は非点収差($z5: 0.6\text{nm}$)($z6: -1.1\text{nm}$)、コマ収差($z7: -1.1\text{nm}$)($z8: -1.0\text{nm}$)の低次収差であることが分かった。これらの収差は、対物ミラーの設置誤差や形状誤差により生じることが知られている。今後は、PDI の計測値をもとにこれらの設置誤差や形状誤差を導出し、ミラーの精密光軸調整を進める予定である。

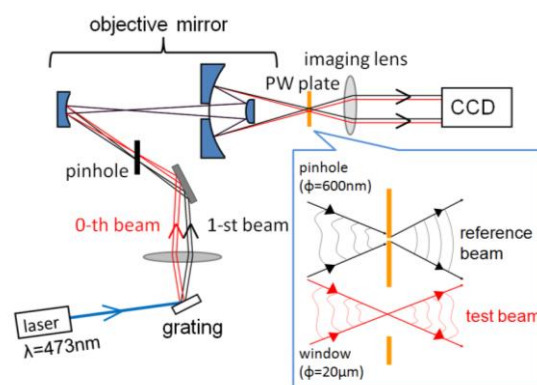


Fig. 1. schematic of point diffraction interferometer

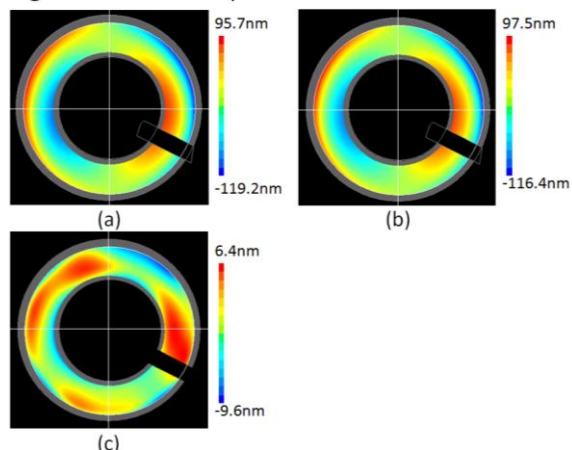


Fig. 2. wave aberration measured by PDI (a)objective mirror + systematic error, (b)systematic error, (c)objective mirror