

極微パターン構造計測のためのコヒーレント 13nm 高次高調波光源の開発 V

Development of coherent 13 nm high-order harmonics

for ultra-fine structure metrology V

理研 基幹研¹, 兵庫県立大², JST CREST³ ○永田 豊^{1,2,3}, 原田 哲男^{2,3}, 中筋正人^{2,3}, 木下博雄^{1,2,3}, 緑川克美¹RIKEN ASI¹, Univ. of Hyogo², JST CREST³ ○Yutaka Nagata^{1,2,3}, Tetsuo Harada^{2,3}Masato Nakasuji^{2,3}, Hiroo Kinoshita^{1,2,3}, Katsumi Midorikawa¹

E-mail: ynagata@riken.jp

[はじめに] EUV リソグラフィによる次世代半導体の量産化技術において無欠陥マスクの作製および欠陥検査は最も重要な課題の一つとなっている。欠陥検査のうちマスク基板の多層膜鏡内部に起因する位相欠陥検出にはコヒーレント EUV 光を用いた回折顕微鏡の一種であるコヒーレントスキャトロメトリー顕微鏡(CSM)が有望である。従来はコヒーレント光源として放射光を用いてきた[1]がコヒーレンス、光量、サイズ等に問題があった。そこでわれわれは検査装置の実用化を目的として小型でスタンドアロンな高輝度 EUV コヒーレント光である高次高調波発生システムを開発している。これまでに市販のフェムト秒 Ti:Sapphire レーザーシステム(1kHz, 6W)を用いた高次高調波発生により波長 13 nm (59 次高調波)において空間的にフルコヒーレントかつスペクトル幅 0.1 nm 以下の高輝度光源を開発した。この光源を用いることで回折画像における大幅なコントラスト比、S/N 比の改善に成功した。その結果 EUV マスクの 88-nm L/S パターン中に作製した幅 2 nm の線欠陥からのシグナルの検出に成功した[2]。一方、次の目標である点欠陥の検出には測定光量の増加ならびに高次高調波の像転送倍率の最適化等が必要となっている。現在、高次高調波の発生点から CSM の入射用ピンホール (直径 10 μm)への像転送倍率は等倍となっている。13 nm 高次高調波のスポットサイズは 24 μm 以上であるためこのピンホールで光量は 10 分の 1 以下に減少している。一方、高次高調波のビーム位置の空間的な安定性も課題となっている。現在微細欠陥の検出のために 1000 秒程度の露光時間を必要としているがこの間の励起レーザー光の集光位置の空間的な揺らぎは約 5~7 μm (rms 値)程度となっており変位の最大値は励起レーザー光のスポットサイズ 80 μm よりも十分に小さいものの高次高調波のビーム径とほぼ同程度となっている。これは高次高調波の利用効率を低下させるとともに回折画像からの像再生においても解像度低下の原因となる。そこで今回励起レーザー光の光路上にビームロック装置を導入することでビームの空間位置の安定化を実現したので報告する。

[実験] 励起レーザー光のビーム位置安定化のため TEM Messtechnik 社のビームロック装置 Aligna を導入した。本装置は励起レーザー光のビーム位置検出用の PSD 2 個とビームの位置および角度安定化用のピエゾアクチュエータ 2 個およびコントローラで構成されている。今回はアクチュエータを光学定盤上に、PSD は励起レーザー光の集光チャンバーに取り付けてビーム位置安定性の評価をおこなった。PSD への入射光は集光光学系の最後の誘電体多層膜鏡を透過した光を利用した。この際、ND フィルター等を利用してレーザー強度を PSD による位置検出に適した値まで減衰させた。

[結果] 図1にビームロックを1時間動作させたときに観測された仮想焦点位置でのビーム位置のXYプロットを示す。図中の円は高次高調波のビーム位置が0 μm にあると仮定したときのビームサイズを表している。変位量はビームロックなしで横方向 $\pm 21.5 \mu\text{m}$ (4.8 μm rms)、縦方向 $\pm 31.0 \mu\text{m}$ (6.7 μm rms)であったが、ビームロック時には横方向 $\pm 3.5 \mu\text{m}$ (0.7 μm rms)、縦方向 $\pm 3.9 \mu\text{m}$ (1.0 μm rms)に減少した。この数値は高次高調波のスポットサイズと比較しても十分小さく光の利用効率を高めるとともに回折画像からの像再生においても解像度低下を抑制する効果がある。今後ビームロック動作状態での欠陥検査を開始する。

[1] T. Harada *et al.*, J. Vac. Sci. Technol. B **29**, 06F503 (2011).

[2] T. Harada *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **51**, 06FB09 (2012).

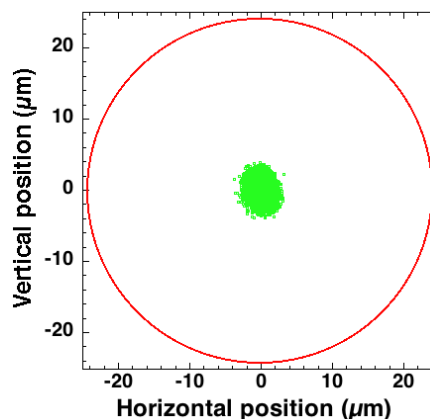


図1 励起レーザー光の重心のXYプロットおよび仮想の高次高調波ビームサイズ