

超並列電子線描画装置における電子光学収差補正

Aberration-Collection of Electron Optics for Massively Parallel EB Lithography

(株)クレストック¹, 農工大², 東北大³,小島明^{1,2}, 池上尚克², 吉田孝³, 宮口裕³, 大井英之¹, 越田信義², 江刺正喜³CRESTEC Co.¹, Tokyo Univ. of Agri. & Tech.², Tohoku Univ.³A.Kojima^{1,2}, N.Ikegami², T.Yoshida³, H.Miyaguchi³, H.Ohyi¹, N.Koshida² and M.Esashi³

E-mail: kojima@crestec8.co.jp

【はじめに】

超並列電子線描画方式は次世代半導体集積回路生産に要求される解像度 10 nm hp 以上を達成するための有力な候補である。当プロジェクトでは、高速ブランキングを可能とする面放出ナノシリコン (nc-Si) 弾道電子エミッタを半導体回路に集積したアクティブマトリクス型電子源について報告した^[1]。今回は、アクティブマトリクス型電子源から放出される並列電子線の縮小投影時に生じる電子光学収差と、それを補正するための同心輪帯型 MEMS 型コンデンサレンズのシミュレーション結果を報告する。また、試作したコンデンサレンズの電子光学特性を示す。

【実験】

図 1(a)は超並列電子線描画装置の電子光学系を示している。光学系はアクティブマトリクス型電子源(EA)、電子線集束用のコンデンサレンズアレイ(CL)、加速電極(A)、偏向器、スティグメータ、縮小レンズ(RL)で構成されている。従来の単一電子線描画方式は近軸条件で設計されているため、これをそのまま超並列電子線描画方式に適用すると大きな軸外収差が生じる。ターゲットウェハー上で全ての並列電子線が焦点を結ぶためには、縮小レンズの軸近傍でのレンズ厚みが大きく、周縁部でレンズ厚みが薄くなるような非球面型レンズが有効である。

本研究では、複数の同心輪帯にコンデンサレンズアレイを区分し、輪帯ごとにレンズ励起強度可変とした。これにより等価的な非球面縮小レンズを構成し、10mm 角領域に配置した並列電子線のターゲットウェハー上への縮小投影を可能とする(図 1(b))。

数値シミュレーションにより補正対象となる縮小レンズ特性を検証した。縮小レンズは 3 層の電極から構成される静電型アインツェルレンズである。レンズの軸上電位は加速電圧 -5kV よりわずかに大きくしてある。図 2 は、アインツェルレンズの電位分布、図 3 は焦点近傍における並列電子線の軌道群を示している。また、図中の点線は並列電子線の結像面を示している。

【結果と考察】

シミュレーションの結果から、縮小レンズ周縁部において、焦点距離を最大で 8.2%補正すれば全ての並列電子線をターゲットウェハー上で結像できることを確認した。本報告では縮小レンズの励起電圧を補正量の最大値分だけ低下させるとともに、同心輪帯に区分された各コンデンサレンズの励起電圧を次の光学的な合成レンズ式: $1/f = 1/f_1 + 1/f_2 - d/(f_1 * f_2)$, (f :補正後の焦点距離, f_1, f_2 :CL, RLの焦点距離, d :CLとRL間距離)にしたがって制御した結果を示し、図 1(b)の非球面縮小レンズ特性を検証する。また、本補正に伴い発生する歪曲収差の補正、および試作したコンデンサレンズアレイの光学特性についても報告を行う。

【謝辞】

本研究は日本学術振興会による最先端研究開発支援プログラムの補助を受けました。ここに感謝いたします。

【参考文献】

[1] N. Ikegami, et al., J. Micro/Nanolith. MEMS MOEMS 11, 031406 (2012).

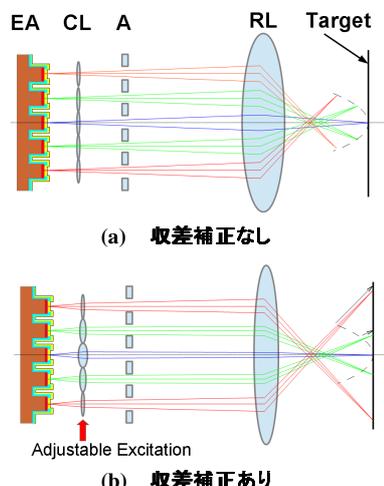


図 1. 縮小光学系の構成

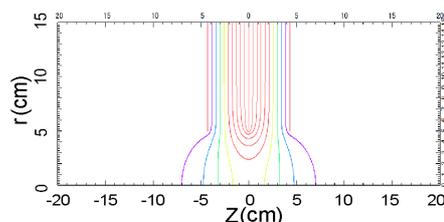


図 2. 縮小レンズ電位: 両端 0V, 中央 -5kV

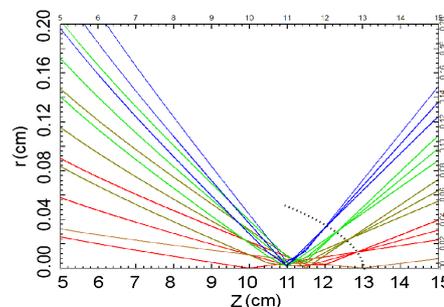


図 3. 並列電子線の軌道計算結果