

高精度非接触式等倍露光(マスクアライメント)装置の性能評価

Evaluation of High-resolution Proximity Exposure System

森 涼太郎¹、高橋 幸郎¹、大澤 光明²
Ryotaro Mori¹, Kohro Takahashi¹, Mitsuaki Ohsawa²

¹ 埼玉大学工学部 電気電子システム工学科

Department of Electrical and Electronic Systems, School of Engineering, Saitama University

² 株式会社 エイ・エス・エイ・ピー

ASAP Co., Ltd.

Abstract

High-resolution proximity exposure (mask alignment) system for semiconductor micro fabrication has been developed and evaluated. A novel exposure system has laser displacement meter for high-precision measurement of the gap between the mask and the wafer. The repeatability error of the displacement meter was 0.025 μm . The exposure system also contains highly collimated UV source. The illumination intensity uniformity was within 5% and the main wavelength was 365nm. The resolution of the system was 3 μm in proximity exposure (gap: 10 μm) and 1.5 μm in contact exposure.

Key Words: Mask aligner, Proximity exposure, Micro fabrication

1. 目的

マスクアライメント装置は、感光材料(レジスト)を塗布した基板(シリコンウエハ等)に紫外線露光によりマスクパターンを転写する装置であり、半導体微細加工に欠くことのできない装置である。マスクアライメント装置には大きく分けてマスクとウエハを接触させて露光を行う密着露光方式とマスクとウエハにわずかのギャップを持たせて露光を行う非接触方式がある。前者は解像度を高くすることができる反面、マスクにレジストが付着し、スループットおよび製品歩留まり低下の原因となる。一方後者はマスクの劣化が置きにくい反面、解像力が低下するという問題がある。

本研究では極めて高い平行度を持った光源を用い、かつウエハ全面においてギャップを均一に計測制御できるシステムを導入することで、10 μm のギャップであっても1 μm の解像力を持つマスクアライメント装置を実現することを目的とする。

2. 露光装置の概要

ウエハ全面での評価を行ったマスクアライメント装置(MAS-6-000-9)の概要を示す。

非接触露光を行う場合、マスクとウエハ間のギャップを高精度に設定する必要がある。また、ウエハ全面におけるギャップの均一性も重要となる。そこで、本マスクアライメント装置ではマスクとウエハのギャップを計測するためのレーザ変位計を搭載した。この変位計の繰り返し誤差は0.025 μm である。レーザ変位計を用いた高精度ギャップ計測システムの導入によりマスクとウエハ間ギャップの繰り返し計測精度が維持されるた

* 〒338-8570 さいたま市桜区下大久保 255
電話 : 048-858-3479 FAX : 048-858-0940
Email : takahasi@elc.ees.saitama-u.ac.jp

め、マスクの汚染や損傷の低下および露光精度の再現性と製品歩留まりが向上し、機器の一括購入によるコストダウンのみならず、最終製品のコストダウンも可能になる。

露光光源は超高圧水銀ランプであり、主波長は365nm、照度均一性は±5%以内である。

3. 露光装置の評価と結果

シリコンウエハに対してテストパターンを用いた露光を行い、マスクアライメント装置の性能評価を行った。主要なプロセス条件を Table 1 に示す。

Table 1 評価プロセス条件

ウエハ	4 インチ, 約 530 μ m 厚
レジスト	OFPR-800LB(東京応化)
レジスト膜厚	0.9, 1.0, 1.2, 1.5 μ m
露光時間	3, 4 秒
ギャップ	10 μ m

露光・現像後のレジストを光学顕微鏡および SEM 画像を用いて観察した。ウエハ上の観察地点は周辺部3箇所と中央部1箇所とした。Fig. 1 に観察位置の番号を示す。各サンプルに対して観察を行った結果、観察位置3における解像度がもっとも良好であった。特に解像度が良好と思われた膜厚 0.9 μ m、露光時間 4 秒の条件のサンプルに対しては、数 μ m 付近のレジストパターンを詳細に観察した。Fig. 2 ~ Fig. 6 にレジスト膜厚 0.9 μ m の観察位置3におけるレジストの SEM による観察結果を示す。

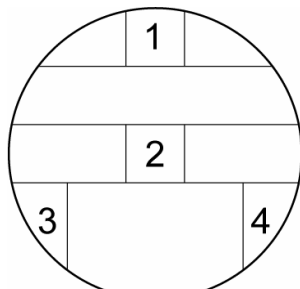


Fig. 1 ウエハ上の観察位置 (上面図)

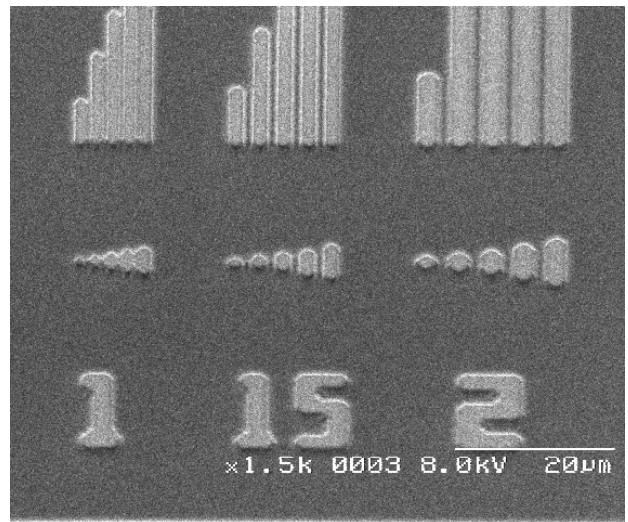


Fig. 2 レジストの SEM 像 (1~2 μ m 全体像)

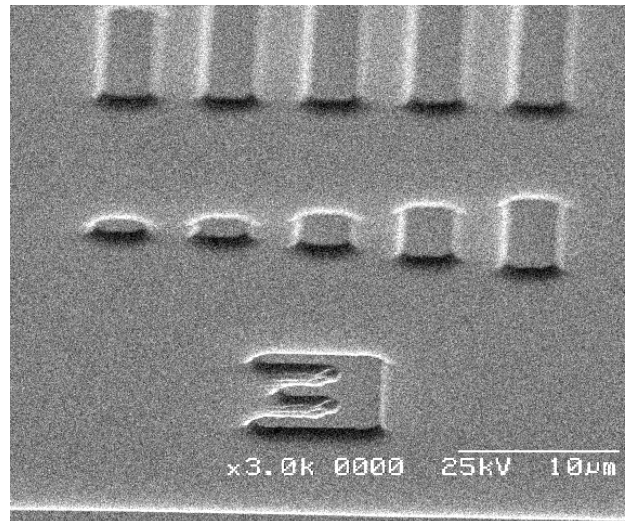


Fig. 3 レジストの SEM 像 (3 μ m 付近)

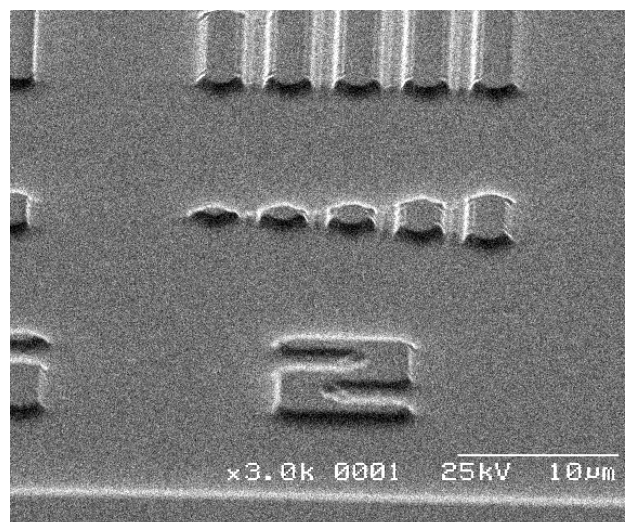


Fig. 4 レジストの SEM 像 (2 μ m 付近)

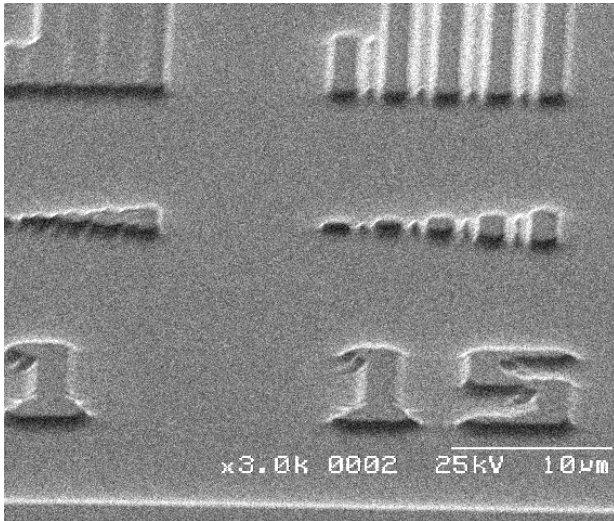


Fig. 5 レジストのSEM像 (1 ~ 1.5µm 付近)

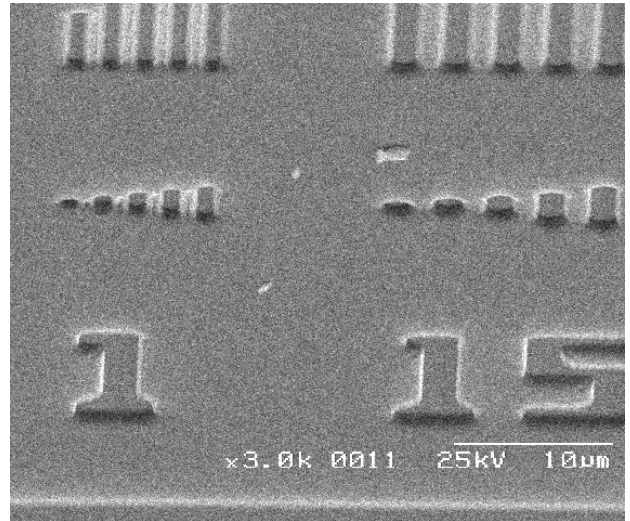


Fig. 7 接触露光によるレジストのSEM像 (1µm ~ 1.5µm 付近)

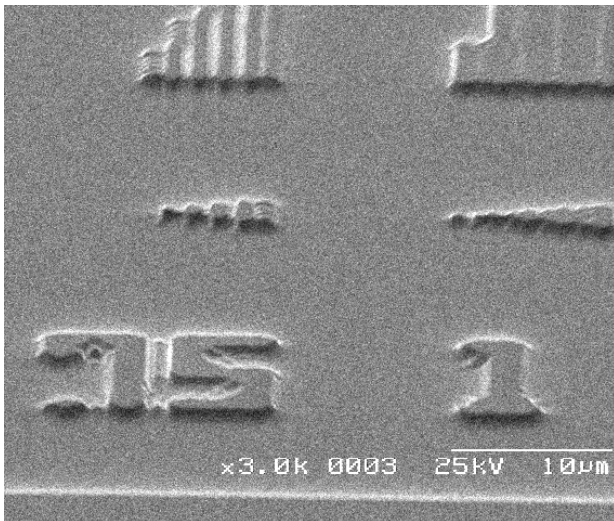


Fig. 6 レジストのSEM像 (0.75 ~ 1µm 付近)

これらに加えて、光学系自身の解像度を検証するためウエハとマスクを接触させた状態での露光も行った。Fig. 7 にその結果を示す。

Fig. 3 ~ Fig. 6 に示すように、レジスト膜厚 0.9µm、露光時間 4 秒の条件下においては 3µm のパターンは十分に解像できているものの、2µm 以下の領域になるとスペース部分にレジストの残膜が見られはじめ、1µm 以下の領域ではスペース部分が完全に埋まる結果となった。このことから、本条件下での最大解像度は約 3µm 程度であることがいえる。

また、レジスト膜厚の条件に依存せずに観察位置 3 で解像度が特に良好な傾向が見られることから、ウエハに対してマスクが傾斜している

可能性が考えられる。

マスクとウエハを試験的に接触させて露光した結果、1.5µm の解像度が得られた。このため、非接触露光で 1µm の解像度を得るには露光光学系とウエハとマスクの平行度のさらなる向上が不可欠であることが考えられる。

4. まとめ

高精度非接触方式等倍露光装置をベースに、露光操作を自動化した全自動マスクアライメント装置の開発・試作を行った。目標である解像度 1µm に対し、現状の装置の解像度は非接触露光で 3µm となった。解像度向上のため、露光光学系やマスクの位置合わせの精度向上、ギャップを 10µm 以下とした場合の解像度評価等が今後の課題として挙げられる。