

マスクレス描画装置のミニマル化

Minimal System of Mask-less Exposure Equipment

PMT¹, ミニマルファブ技術研究組合², 産総研³○入田 亮一^{1,2}, 三宅 賢治^{1,2}, 梅山 規男², クアンプン ソマワン^{2,3}, 原 史朗^{2,3}PMT¹, MINIMAL², AIST³○Ryouichi Irita^{1,2}, Kenji Miyake^{1,2}, Norio Umeyama², Sommawan Khumpuang^{2,3}, Shiro Hara^{2,3}

E-mail: irita@pm-t.com

【背景・目的】

産総研が中心となって進めているミニマルファブ構想 [1] (ウエハΦ12.5mm、装置 W 297mm x H 1,440mm x D 450mm) では、低製造コストと短納期が重要であるため、マスクレス描画装置の開発が求められている。

【開発した装置と実験結果】

既存の半導体製造用露光装置は、非常に高価かつ長納期のフォトマスクを用いており、大型で短寿命の水銀ランプやガスレーザーを光源として、回路パターンをステップ&リピート又はステップ&スキャン方式でウエハ上に形成する。

我々はマスクを不要とするため、DMD (Digital Mirror Device)を用いてスキャン方式で直描を行う光学系 (Fig.1) を開発した。光源としてUV-LEDを用いることで、ミニマル仕様の筐体に収まる小型の光学系を実現できた。

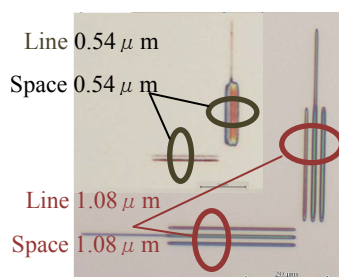


Fig.2 exposure result

実際の描画結果は、Fig.2に示す通り1.08 μmのライン&スペースのレジストパターンを形成できている。

1.08 μmはDMDのミラー2個幅の描画である。同図のミラー1個幅の0.54 μmライン&スペースは解像できていないこともわかる。

【技術的な課題と考察】

露光装置の解像度はレイリーの式(1)

$$Resolution = k_1 \times \frac{Wavelength}{Numerical\ aperture} \quad (1)$$

で与えられ、波長λ、開口数(Numerical Aperture) NA、装置係数 k_1 で決まる。本装置では、λ=365nm、NA=0.4であり、装置係数 k_1 に一般的な値である0.5を取ると、期待される解像度は0.5 μm程度となる。

上記理論解像度0.5 μmに対して実際の描画が1 μmに留まった理由として、様々な要因が考えられるが、装置に起因する主なものとして(1)光学系の収差やDMDのバラつきによる輝度ムラ、(2)DMDのデジタル的動作とステージのアナログ的動作に起因する画素間のオーバーラップ、(3)収差による画素外への漏れ光、(4)DMDによる回折の影響などが挙げられる。

対策として(1)については、「明るさマップ」と呼ばれる方法を開発した。(2)についてはDMD制御の高度化を計画している。(3)(4)については、光学系に許される専有スペースと顕微鏡用市販対物レンズによる制約があり、更なる評価と開発が必要である。

描画原理と“明るさマップ”の詳細、及び今後の計画については当日報告する。

【文献】

1. 原 史朗、前川 仁、池田 伸一、中野 禪：「ミニマルファブシステムの構想と実現に向けて」、精密工学会誌 77(3), 249 (2011).