

うに2枚の集光光学系、2枚の照明光学系、そして露光装置からなります。集光光学系の1枚目はトロイダルミラーで横方向40mrad、縦方向4mradの光を集光し、2枚目のトロイダルミラーによりほぼ縦横ともに発散角1mrad以下の丸いビームに整形します。ビームサイズはおよそ直径20mmです。このビームを2枚のトロイダルミラーからなる明光学系によってマスク面上に60mm×10mmの大きさのビームに整形します。マスク面上では光の強度の一樣性が重要であり、理想的には1%以下が望ましいが、現状の方式ではおよそ10%の強度ばらつきがみられます。マスク面上のパターンを照射した光は縮小光学系を通してウェハ面上に1/5に縮小結像されます。

図2に示す露光装置は3枚の非球面からなる縮小光学系、マスクステージ、ウェハステージ、マスクとウェハの合せ光学系、ウェハの焦点検出光学系とからなります。

図3に装置の概観写真を示します。露光装置は0.1以下の温度制御を施したサーマルクリーンブース内に設置され、光学鏡筒とステージは位置フィードバックサーボを持つ除振台上に搭載され、外部振動を除去しています。マスクとウェハは5対1の速度比で移動し露光領域を拡大させることが出来、設計上は30mm×28mmにまで露光できます。

光学系には3枚の非球面からなるミラーを用いており、図4(a)に示すようにm1ミラーは直径272mmの凹面ミラー、(b)のM2は直径116mmの凸面ミラー、(c)のM3は直径224mmの凹面ミラーであり、一部光のパスのため切り欠いた形状となっています。これらの各ミラーに要求される形状精度は許容される波面収差から(Marechalの式)によって与えられ、およそ0.3nm以下となります。また表面粗さは測定領域が数μm以下の粗さと、1mm以下の粗さともに0.3nm以下であることが望まれます。前者は多層膜の反射率に影響し、後者はEUVL光の散乱によるコントラストの低下に影響します。形状精度の測定は検出分解能0.5nm以下をもつCGHを参照面とする干渉計により測定し、各ミラーともに0.58nmであり、粗さはAFMおよびMAXIM-3Dでの測定領域ともに0.3nmほどでありました。

また、これらのミラーへの多層膜形成は、M1とM2ミラーへの光の入射角は場所により4~7度と変化するため、これらのミラーには膜厚分布をもつGradedな膜としました。M3ミラーへの入射角はほぼ2度であるため、一様膜厚をもつ多層膜を形成し

表1 開発したEUVL実験装置仕様

開口数	0.1
縮小率	1/5
解像度	0.06 μm (=13.5nm)
焦点深度	1.9 m (0.1- μm linewidth)
露光フィールド	30mm × 28mm (走査時)
総合合わせ精度	30nm (3)
マスクサイズ	6inch
ウェハサイズ	8inch
露光雰囲気	真空中

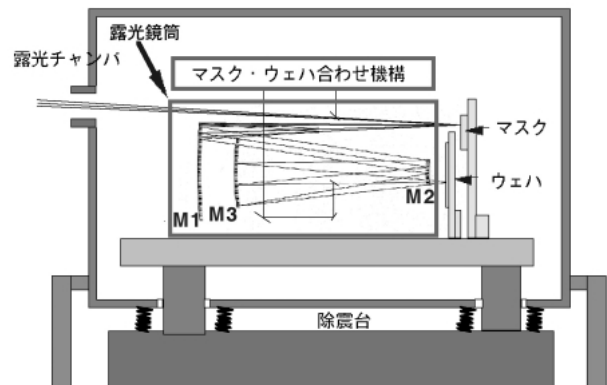


図2 露光装置の概要

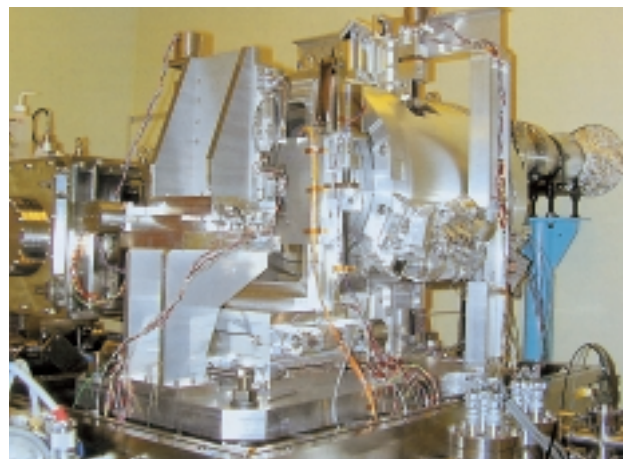
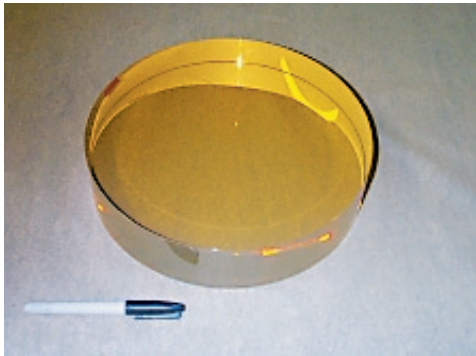


図3 露光装置主要部写真

ました。

図5に反射率を示します。65%以上の高い反射率が得られており、また3枚のミラー間のマッチングも0.05nmであることが確認されています。

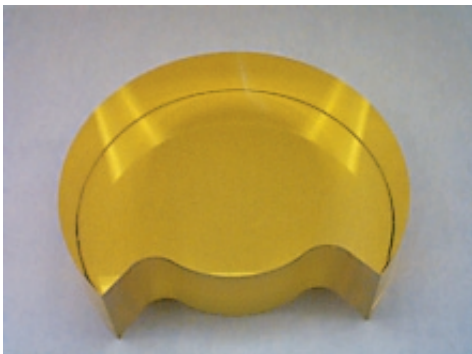
3枚のミラーの合せは市販のフィゾー干渉系を用いて透過波面の測定により行いました。検出された



(a) M1ミラー



(b) M2ミラー



(c) M3ミラー

図4 製作したミラー概観

フィゾー面をゼルニケの多項式で展開し、その量をもとに光線追跡プログラムにより、各ミラーの収差量を求めます。一番影響度の大きなミラーの収差を小さくする方向で再調整します。このシーケンスを繰り返すことによりミラーの合せが可能となります。今回の合せでは3nmの透過波面が得られています。

3. 露光実験

昨年10月よりニュースバル調整中のビーム評価の一環として露光実験を進めました。波長13.5nmの光のレジストへの吸収は強いため、10mAでも300秒程で露光が可能です。露光用マスクは多層膜の基板の上に金属薄膜の吸収体を形成したものを uses。図6 (a) はNiを電解鍍金で作成したマス

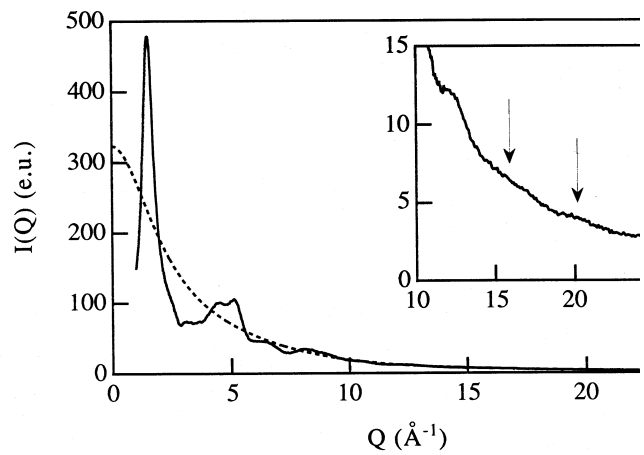
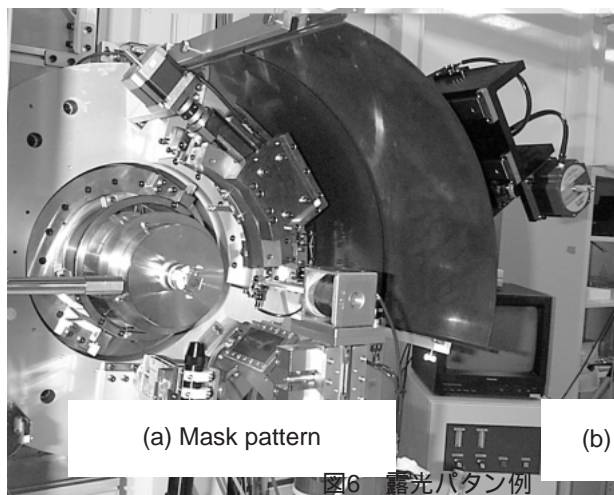


図5 ミラーに形成した多層膜の反射率特性



(a) Mask pattern

(b) Resist pattern

図6 露光パターン例

クのパタン例であり、図 (b) はその露光パタンの一例を示します。これまでに光学系の回折限界性能である56nmの微細パタン形成を確認できました。レジストにはポジ型の化学増幅系のものを用いています。レジストの厚さは0.1 μ mほどであります。

4. おわりに

ニュースパルの産業応用の1テーマとして将来のリソグラフィ技術である極端紫外線リソグラフィの装置開発を進め、露光実験により光学系の回折限界性能である56nmのパタン形成を確認しました。これはメモリにすれば64Gbitメモリが可能となり、現在の1000倍性能向上が図れます。露光装置としてはさらに大面積化、8インチウェハ全面での均一なパタン形成、およびデバイス製作のためのマスクウェハのアライメント技術等の開発を進めていかねばなりません。

また、ミラー光学系の合せ精度の向上を図るため、11mの長尺アンジュレータ部に設置するAt-wavelength干渉系によって光学系の透過波面の高精度計測技術を開発し、サブオングストロームのアライメント精度の検討等も進めていきます。

最後にニュースパルも光科学技術の世界のCOEであるSPring-8でようやく芽を出すことができました。立ち上げ時に惜しめない協力をいただいたSPring-8関係者に感謝するとともに今後は産業利用の面でその一翼を担えるよう努めて行きたいと感じております。

木下 博雄 KINOSHITA Hiroo

姫路工業大学 高度産業科学技術研究所
〒678-1205 兵庫県赤穂郡上郡町光都3-1-2
TEL : 0791-58-0447 FAX : 0791-58-0242
e-mail : kinosita@lasti.himeji-tech.ac.jp

渡邊 健夫 WATANABE Takeo

姫路工業大学 高度産業科学技術研究所
〒678-1205 兵庫県赤穂郡上郡町光都3-1-2
TEL : 0791-58-0470 FAX : 0791-58-0242
e-mail : takeo@lasti.himeji-tech.ac.jp