



もっと光を

市原 裕

More Light! More Light!

Yutaka ICHIHARA†

半導体露光装置に深くかかわるようになって15年以上になる。15年前は未だ露光装置用光源として水銀ランプのg線(波長436 nm)が全盛でありi線(365 nm)がレジスト等の問題で苦戦しているところであった。開発部隊であった我々はi線以降の露光装置を開発しようとしていた。当時はX線を用いた等倍のproximity露光装置と、従来技術の延長で縮小投影レンズを用い、光源としてより短波長のKrFエキシマレーザーを用いて解像力を挙げる方式が覇権争いをしてきた。我々は光学のポテンシャルを信じ縮小投影レンズを用いる方法で更なる微細化(高解像力化)が出来ると考えていた。しかしながらこの方式には大きな問題があった。KrFエキシマレーザーの波長は248 nmであり、この波長域では利用できる硝材は合成石英と蛍石の2種類に限られかつ蛍石は大型で高品質のものは得られにくい状況にあった。利用できる硝材が合成石英1種類となるとレンズの色収差は補正が出来なくなってしまう。レーザーは通常単色と考えられがちであるがエキシマレーザーはそのスペクトル幅が400 pmもあり、大型で高精度な半導体露光用の投影レンズの光源としては到底許容できない幅であった。色収差を許容できるスペクトル幅としては当時3 pm以下にする必要があった。エキシマレーザーの光を分光して用いると二桁以上出力が落ちてしまい使い物にならなかった。そこで我々は大企業、ベンチャー企業を問わず世界中のエキシマレーザーメーカーに製造現場で安定して使える狭帯域化したKrFエキシマレーザーの開発を依頼して回った。また社内で初期の光学調整に利用するため市販のエキシマレーザーの共振器中に自社開発したエタロンを組み込んで狭帯域化しつつなんとか光量を得ようと努めたりした。初期の製品では出力が4 W程度であり十分ではなかったが現在ではレーザーメーカーの努力の結果0.4 pm以下の半値幅でありながら40 Wの高出力のものが得られている。

その後更に半導体の微細化が進みArFレーザー(193 nm)を光源する露光装置開発のときも同様に新たに露光光源に適したレーザー開発が必要であった。そのときも多くの技術者の努力によって狭帯域化と高出力化の相反する要求を満たしてくれた。

これらのレーザーの開発なくしては現在の半導体露光装置ひいてはIT産業・情報機器の発展は相当遅れたものとなっていたと思われる。

現在は将来露光機として波長13 nmのEUV(extreme ultra violet)光を用いる縮小投影方式が開発されている。この波長では屈折硝材を利用したレンズは使用できず照明光学系、縮小投影系とも反射鏡を用いる。この波長では多層膜を100層近く着けたとしても得られる反射率は70%以下であり10枚以上の反射鏡を通過するときの光の利用効率は非常に悪い。従って光源の出力は一旦反射鏡で集光したところで100 W以上を必要としている。この光源としてレーザープラズマX線源が期待されている。現在は未だ励起用のレーザー光出力が一桁以上足りない状況である。この光源の開発(高出力化)の成否がEUV露光機の成否の鍵をにぎっているといっても過言では無いが、エキシマレーザーと同様多くの科学者・技術者の努力と協力によってこの困難な目標を達成できるものと信じている。

†(株)ニコン 光学技術本部 (〒140-8601東京都品川区西大井1-6-3)

†Optical Technology Head Quarters, Nikon Corp, 1-6-3, Nishi-Ohi, Shinagawaku, Tokyo 140-8601