



## 産学独連携により2009年115 WのEUV光源を実現

堀池 靖浩†

### For the Goal of Achievement of 115 W EUV Light Source by 2009

Yasuhiro HORIIKE†

集積回路の集積度は3年で4倍と着実に進展してきたが、この発展は、何よりリソグラフィ技術により支えられてきた。そして国際半導体技術ロードマップ(ITRS)は、2010年には45 nm *hp* (half pitch)の解像を可能にする量産用リソグラフィ装置を求めている。これ迄、次世代リソグラフ候補が種々名乗りを上げてきた。最近、ArFレーザー露光機に液浸法の採用により65 nm *hp*が解像可能と予測されるや否や、ArF液浸の後には13.5 nmの波長を用いるEUVL(極端紫外線リソグラフィ)だけが45 nm *hp*を解像する量産機の候補として残り、その実用化に日増しに期待されるようになった。

EUVL開発は1988年に我が国が先鞭を切ったが、その後中断してしまった。一方、1997年、米国はサンディア、ローレンスリバモア、ローレンスバークレイの国研を中心としてEUVLの実現を目指し開発を開始した。我が国が今後も世界の光露光を先導する決意で、1998年にASET(超先端電子技術開発機構)で研究が再開された。2001年からASET-EUVL研が企業資金によりプロセス技術を自主開発している。更に、EUVL装置にとって最重要な「光源」開発のために、2002年に経産省の支援を受け、EUVA(極端紫外線露光システム技術開発機構)が産学独連携によって発足した。更に、2003年には「装置」開発もEUVAに参入した。同年発足した文部科学省の「リーディングプロジェクト(LP)」では、阪大レーザーエネルギー学研を中心に大学、国研などからなるプロジェクトがEUV光源とモデリング・シミュレーション研究している。その結果、我が国のEUVL開発体制が整い、これは経産省と文科省が連携した初めての国家プロジェクトとなった。

「はじめに光ありき」は、旧約聖書の冒頭の言葉であるが、EUVLは「光」なくして開発が始まった最初の例である。一方、2010年の量産機の実現に間に合うためには、2009年までに115 Wを実用化しなければならない。13.5 nmの発生には、Xeガスの液化によるジェットへのYAGレーザー照射などによるLPP(レーザー生成プラズマ)やXeガスのピンチプラズマのDPP(放電生成プラズマ)がある。このプラズマの電子温度は30万度、密度はLPPでは $10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 、DPPで $10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である。発光点からの光はLPPでは多層膜をコートした集光ミラーで分光され、DPPでは斜入射ミラーで集光点に集められる。問題は、変換効率(CE)であり、発光点での13.5 nm光出力がLPPで高々1%、DPPで約0.5%と極めて低く、その向上に新物理の発見が求められる。更に、超高密度プラズマから発生する高エネルギーイオンと中性粒子や、それに加えDPPでは電極のスパッタリングなどによるデブリ等がミラーを剥離し、付着するため、ガスカーテンや遮蔽板の設置による発光パワー低下である。その結果、集光点パワーは、LPPでは発光点の1/3、DPPでは1/10と低下する。更に、etendueが $1\sim 3 \text{ mm}^2 \text{ str.}$ 、繰り返し周波数は10 KHz以上、 $10^{10}$ ショット以上の集光ミラー寿命、光源位置の安定性が要求される。低コスト化も大変な問題である。

紙面の制約のため、光源のみならず露光機も、心臓部の反射型光学系のミラーの研磨と計測、光汚染など装置化に山積している問題を述べられないが、装置屋は「まず光源を与えてくれ」と言っている。現在、EUVAではLPP、DPP共に4 Wを達成したが、115 Wからは程遠い。蘭Philips、独Xtreme、米Cymerなど世界のベンチマークは先を行き、蘭ASML・独Zeiss連合は10 WのPhilips製光源を搭載した $\alpha$ 機を2005年末に出荷する。我が国では $\alpha$ 機は2006年末に完成をめざし、これには10 W「日の丸」光源の搭載を必ずや実現し、我が国の45 nm *hp*プロセス開発に貢献しなければならない。

最後に、喜ばしいことに約2年間のEUVA・LP連携から光源開発に続々成果が出始めた。まず、九大は、長波長のため試されなかったCO<sub>2</sub>レーザーによってEUV発光を見出し、EUVAでもCE=0.5を確認した。レーザー総研の波長依存性のシミュレーション結果はCO<sub>2</sub>レーザーの優位性を示した。また、阪大のSn含有スチレン球や産総研の水分散SnターゲットのLPPによってCE=3を測定し、EUVAのLPPではXe液滴の100 kHz放出やDPPでは超低インダクタンス放電構造を開発した。これらの成果から2009年115 Wの実現が確実に見え始めた。今後も本連携を一層推進し、究極の露光技術により「電子立国ニッポン」を更に発展させよう。

† (独)物質・材料研究機構(〒305-0044 茨城県つくば市並木1-1)

† National Institute for Materials Science, 1-1 Namiki, Tsukuba, Ibaraki 305-0044