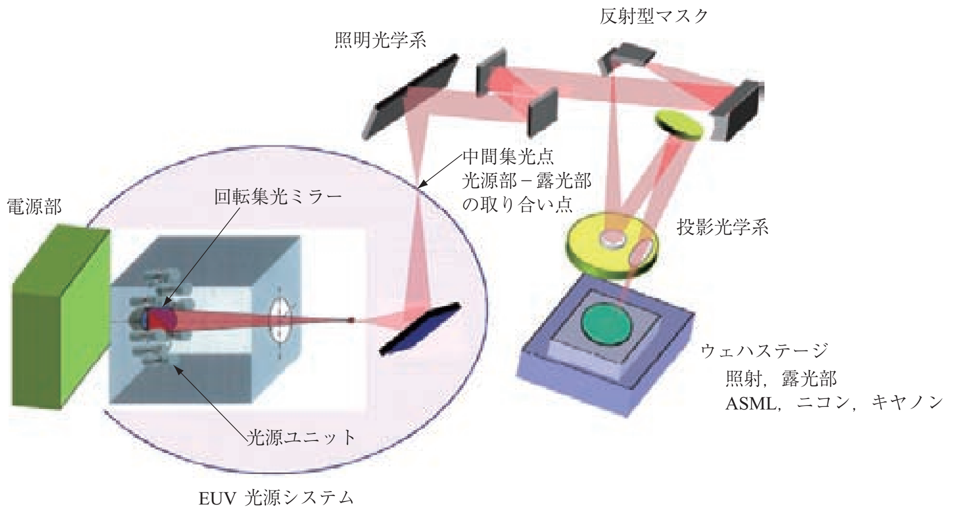
次世代の LSI を実現する光

IHI のプラズマ制御技術が生んだ高変換効率極端紫外光源

コンピュータに利用されている集積回路発達の歴史は，「 微細化 」の歴史であるといえる．より高速で計算したり，より多くの情報を記録したりするためには，半導体の基板であるシリコンウェハ上に，いかにして多くの素子や回路を作り込むことができるか，が重要だからである．そして，そのためにはより波長が短く，大きなエネルギーをもった光源が必要である．



極端紫外線（ EUV ）線露光装置構成イメージ

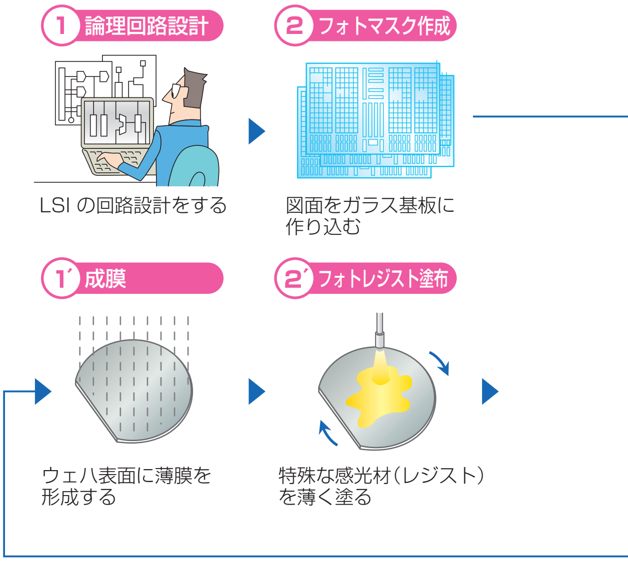
フィルムカメラの原理を利用

スマートフォンや液晶テレビから，自動車や鉄道の制御システムまで，現代の便利な生活はコンピュータが実現しているといっても言い過ぎではない．

コンピュータの心臓部である LSI（ 大規模集積回路 ）は，シリコンウェハと呼ばれる円盤状のシリコン基板の上で，複数個が同時に製造される．1 枚のシリコンウェハからより多くの LSI を製造する方が，製造コストを下げることになる．このために，LSI の回路は微細化されてきた．回路のサイズを小さくすることは，信号を速く伝えることにもなり，同時に計算速度を向上させることができる．

トランジスタは LSI を構成する基本素子の一つであるが，世界初の CPU（ 中央演算処理装置 ）といわれる「 Intel 4004 」には約 2 300 個のトランジスタが内蔵されていた．これに対し，最新の「 Intel Core i7 」では約 7 億 3 100 万個である．さらに高速な処理が必要なネットワーク用として開発されている LSI では，約 20 mm 角のチップ面積に，約 14 億 3 000 万個のトランジスタが内蔵されている．

このような微細な回路を作るためには，フィルム



カメラ（写真）の原理が利用されており，露光技術（リソグラフィ）と呼ばれている．露光技術とは，特殊ガラスに描かれた回路図を，シリコンウェハ上に焼き付ける技術で，回路をシリコンウェハ上に縮小して映し出すための光学技術や，焼き付けに必要な感光剤（フォトレジスト）など，さまざまな技術が必要で，なかでも重要なのが，「光源」の技術である．

細い線を描くための，細いペン

LSI の回路の幅を「プロセスルール」と呼ぶ．現在主流なのは，32 nm プロセスルールで，これは人間の髪の毛（約 90 µm）に 3 000 本の線を引ける細さである．

細い線を描くには細いペンを使う必要があるが，露光技術では，より短い波長の光源が細いペンに相当し，これにより回路の微細化，つまり高解像度化を実現している．現在，露光装置で使用されている光源は，波長 193 nm のレーザだが，より微細な回路を製造するためには，さらに短い波長の光源が必要とされている．10 ～ 400 nm の波長の光を紫外線と呼ぶが，次世代の光源には 10 nm 程度の極端紫外 (EUV) 線が求められている．

EUV は，物質に吸収されやすく，反射しづらいという特徴をもっている．従来の露光技術では，回路図を縮小投影するためにレンズを使用するが，EUV では従来のレンズは使用できない．そこで，EUV 露光では，光を反射させて導く反射光学系が採用されている．EUV 光を導くためには特殊な鏡を使用するが，この鏡で反射できる波長が 13.5 nm である．

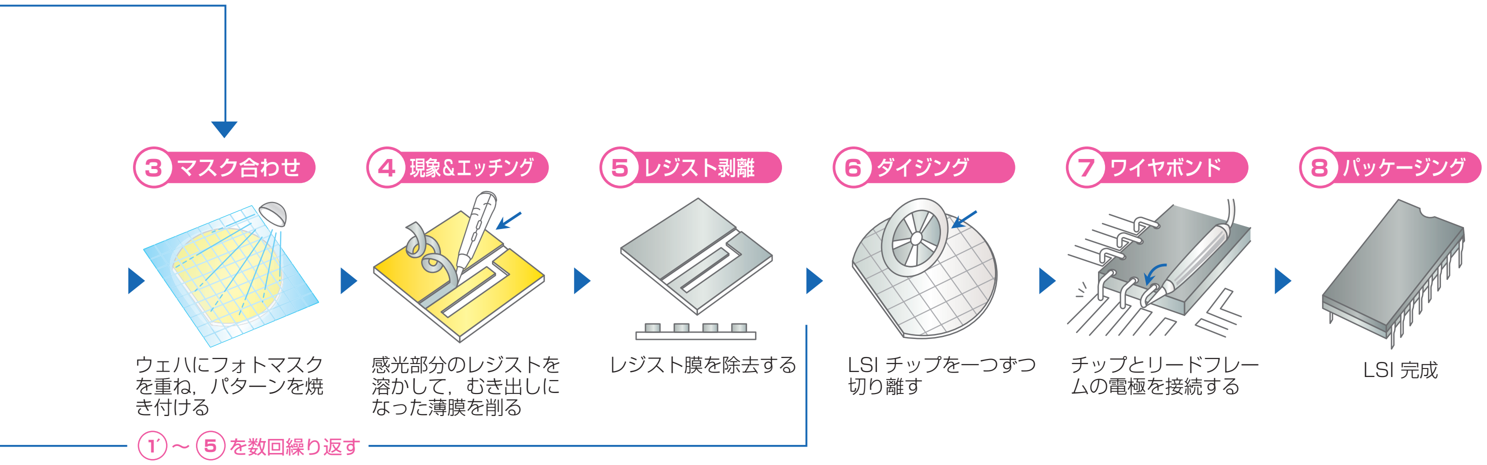
プラズマ制御技術を活かす

露光技術に使用する光源には，必要な波長の光を，十分な強さで作り出す性能が要求される．強い光を用いることによって，回路図を焼き付けるための時間を短縮することができ，製造コストを下げることが可能になる．

このような EUV を発生させるために，IHI では宇宙開発の分野で培ったプラズマ制御技術を応用している．プラズマとは，気体が電離して，陽イオンと電子に別れて自由に運動している状態である．自然現象ではオーロラや雷が代表的で，工業製品では蛍光灯やプラズマテレビなどでも利用されている．

現在，IHI では，プラズマを利用することで，EUV 露光技術に必要な波長 13.5 nm の EUV 光を 1 µs 以上発生させることに成功している．また，光の強さは 1 回の照射で 200 mJ と，回路の焼き付けに十分な強さを実現している．今後は，この強い光を速い繰り返しで発生させる技術の確立が重要な課題である．

さらに，露光システムを考えると，効率良く EUV 光を発生させ技術は重要なポイントである．プラズマから EUV 光を発生させるには大きな電力が必要である．この電力を抑えるには，プラズマ変換効率を高めなければならない．その点でも，IHI の技術は従来型の光源の 6％の 2 倍近い 11％を実現している．

今後は，実用化に向かって，光の強さと変換効率の高さを保持したまま，速い繰り返し技術を開発していく．

問い合わせ先
株式会社 IHI　技術開発本部
基盤技術研究所　応用理学研究部
電話（045）759 - 2819
URL：www.ihi.co.jp/